ARCIDIOCESI DI FERRARA-COMACCHIO

RegioneEmilia-Romagna

COMMISSARIO DELEGATO EMERGENZA SISMA REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AI SENSI DELL'ART. 1 COMMA 2 DEL D.L.N. 74/2012, CONVERTITO NELLA LEGGE n. 122/2012

PROGRAMMA DELLE OPERE PUBBLICHE – BENI CULTURALI
PIANO EDILIZIA SCOLASTICA/UNIVERSITA' 2013-2014
D.G.R. n°1388 30/09/2013; Ord. del Commissario Delegato n°120 del 11/10/2013

# Chiesa parrocchiale della Natività di Maria Vergine e Oratorio di san Domenico

Via Gramsci - Via San Francesco, Stellata di Bondeno (FE)

*Ripristino con miglioramento sismico a seguito degli eventi del 2012, come da Ordinanza n. 14 del 24 Febbraio 2014 s.m.i. del Presidente della Regione Emilia-Romagna in qualità di Commissario Delegato ai sensi dell'art. 1 comma 2 del d.l.n. 74/2012, convertito con modificazioni dalla legge n. 122/2012*

**R.U.P. ing. NICOLA GAMBETTI** **N. Ordine 2.031 Allegato "C1"**

## PROGETTO ESECUTIVO

**PROGETTISTI:**

| | |
|---|---|
| **ARCHITETTONICO** | arch. Sonia Bottoni, arch. Giuseppe Camillo Santangelo, arch. Davide Brugnatti |
| **STRUTTURALE** | ing. Davide Zerbini |
| **CSP** | arch. Sonia Bottoni |
| **CSE** | arch. Giuseppe Camillo Santangelo |
| **ELETTRICO** | p.i. Fabio Altieri |
| ***CONSULENTI*** | *arch. Anna Maria Monteleone, p.i. Daniele Bellettati* |

**Descrizione:** **CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CODICE ARCHIVIO** | **FE091_NMV FE093_OSD** | **ELABORATO** | **CSA_parte2** | |
| **DATA** | **giugno 2019** | **SCALA** | | |

## Sommario


PARTE SECONDA....8
Norme Tecniche....8
TITOLO I – NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE OPERE DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE....8
CAPO 1. AVVERTENZE PER SAGGI, PROVE, ANALISI ED ACCETTAZIONE DEI MATERIALI....8
Art. 1. Materiali in genere....8
Art. 2 Materiali naturali e di cava, inerti....9
Art. 3. Calci, leganti idraulici, cementi, resine e gesso....12
Art. 4 – Cementi, cementi speciali....17
Art. 5. Malte, conglomerati e Caratteristiche Meccaniche dei Cementi Armati....20
Art. 5.3 - Leganti sintetici....26
Art. 6. Caratteristiche Meccaniche dei cementi Armati....29
Art. 7. Elementi di laterizio e calcestruzzo....29
Art. 8. Materiali ferrosi, acciaio e metalli vari....34
Art. 8.1. Materiali ferrosi e acciaio....34
Art. 9. Ancoranti chimici su muratura....37
Art. 10. Prodotti a base legno....38
Art. 10. 1 - Legnami e materiali derivati dal legno....39
Art. 11. Pietre naturali e ricostruite....42
Art. 12. Materiali per pavimentazione e rivestimenti....45
Art. 12.1 Piastrelle di ceramica....45
Art. 12.2. Marmette, marmittoni e pietrini di cemento....46
Art. 12.3. Prodotti di metallo....47
Art. 13 - Colori e vernici....47
Art. 13.1 Pigmenti....48
Art. 13.2 Tinte....49
Art. 13.3 Pitture....50
Art. 13.4 Vernici....51
Art. 14. Additivi....52
Art. 15. Materiali diversi (sigillanti, adesivi, geo-tessuti, tessuti-non-tessuti)....53
Art. 16 - Solventi....54
Art. 17. Impregnanti ad effetto consolidante e protettivo....56
Art. 17.1 - Resine organiche: resine acriliche....56
Art. 17.2 Impregnanti a base di sostanze minerali: Silicato di etile....57
Art. 17.3 - Consolidante florurato:....57
Art. 18. Prodotti per la pulizia dei manufatti....57
Art. 18.1 Acqua per lavori di puliture....57
Art. 18.2 Spugne per puliture a secco....58
Art. 18.3 carta giapponese....58
Art. 18.5 Tensioattivi e Detergenti....60
Art. 18.6 Addensanti e Supportanti....61
Art. 18.7 Polpa di cellulosa....61
Art. 18.8 Argille assorbenti....61
Art. 18.9 Impacchi biologici....62
Art. 18.10 Biocidi....62
Art. 18.11 Clorotriazina....63
Art. 18.12 Metosittriazina....63
Art. 18.13. Trattamenti disinfestanti del legno....63
Art. 19. Materiali impregnanti....64
Art. 19.1 Impregnanti per il consolidamento....65
Art. 19.3 Impregnanti per interventi di deumidificazione....72
Art. 20. Materiali vari....72
Art. 20.1 Materiali vari per consolidamento....72
Art. 20.2 Materiali vari premiscelati....72
Art. 21. Materiali per coperture....74
Art. 21.1 Tegole e coppi di laterizio....74
Art. 22. Materiali per impermeabilizzazione....75

Art. 22.1 Membrane ondulate....75
Art. 23. Materiali per rivestimenti e/o trattamento lacune interni ed esterni....76
CAPO 2. SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO E DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE....79
Art. 24. Attivazione del cantiere....79
Art. 25. Ponteggi....79
Art. 26. Indagini e documentazione....80
Art. 26.1 - Rilievi e saggi....80
Art. 27. Scavi e reinterri....80
Art. 28. Asportazioni....84
Art. 28.1 – Operazioni di Asportazione, demolizione e smontaggio....84
Art. 28.2 - Demolizioni e rimozioni in genere....85
Art. 29. Preconsolidamenti....93
Art. 30. Puliture....95
Art. 30.2. Operazione di Pulitura materiali lignei....110
Art. 31 – Aggiunte, integrazioni....112
Art. 31.1 – Operazioni di stuccatura, integrazione dei materiali lapidei (aggiunte)....113
Art. 31.2. Operazioni di Integrazione pittorica in dipinti murari (affreschi, graffiti e pitture a secco)....127
Art. 31.2 – Operazioni di Integrazione, stuccatura materiali lignei....128
Art. 32. Consolidamenti....129
Art. 32.1. Operazioni di consolidamento dipinti murari (ad affresco ed a secco)....139
Art. 33. Protezioni....140
Art. 33.1. Operazioni di protezione di materiali lignei....153
Art. 34. Documentazione....157
Art. 34.1. Documentazione degli interventi di restauro....157
Art. 34.2. Definizioni....158
Art. 35. Consolidamento fondazioni....158
Art. 36. Realizzazione dei cementi armati....160
Art. 37. Consolidamento murature....164
Art. 37.1 – Operazioni di Consolidamento apparecchi murari....165
Art. 37.2. Riparazioni murarie con intervento di “Scuci e Cuci”....167
Art.38. Posa in opera delle strutture metalliche....170
Art. 39. Posa dei tasselli di ancoraggio chimico....172
Art. 40. consolidamento strutture voltate....172
Art. 41. Consolidamento coperture....173
Art. 42. Impermeabilizzazione coperture....178
Preparazione del piano di posa in legno per l’applicazione delle membrane posate a fiamma....178
Art. 43. Intonaci....179
Art. 44. Restauro degli stucchi....180
Art. 45 - Elementi metallici....182
Art. 46. Restauro di pitture murali di volte, pareti, stipiti e passate....182
Art. 47. Opere da pittore....183
Art. 47.1 - Velatura....184
Art. 47.2 - Tinteggiatura di elementi metallici....184
Art. 48. Opere in economia....184
CAPO 3. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI....185
Art. 49. Norme per la misurazione e valutazione dei lavori....185
TITOLO II – NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE TERMOIDRAULICHE....196
CAPO 4. PREMESSA E OGGETTO DELL'APPALTO....196
I Interpretazione degli elaborati progettuali....197
III Progetto costruttivo di montaggio....197
IV Condotta e svolgimento dei lavori....198
V Oneri ed obblighi diversi a carico dell’appaltatore....199
VI Norme per la valutazione dei lavori....200
VII Verifiche provvisorie....201
VIII Ultimazione e consegna lavori....203
IX Collaudo definitivo....203
CAPO 5. REQUISITI GENERALI....204
Art.1. Prescrizioni generali....204
Art. 1.1 Manutenibilità....204
Art. 1.2. Riparabilità e sostituibilità....205

Art. 1.3. Stabilità chimico reattiva....205
Art. 1.4. Resistenza alle temperature e a sbalzi di temperatura....205
Art.1.5 LImitazione delle temperature superficiali....205
Art.1.6 Collaudo....205
CAPO 6. SPECIFICHE TECNICHE E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE....206
Art. 2. Specifiche tecniche e caratteristiche costruttive dei materiali e delle apparecchiature....206
Art. 2.1. Tubazioni in rame saldobrasato....206
Art. 2.2 Tubazioni in polietilene preisolate....210
Art. 2.3. Tubazioni mul tistrato....211
1 Art. 2.4. Valvolame per acqua di riscaldamento....213
Art. 2.5. Accessori per tubazioni acqua calda....213
2 Art. 2.6. Generatore di calore....215
Art. 2.7. Apparecchi di riscaldamento terminali....216
Art. 2..8. Canalizzazioni metalliche per mandata ed estrazione aria....218
Art. 2.9. Terminali di immissione ed estrazione dell'aria....220
Art. 2.10. Condotti flessibili....221
Art. 2.11. Rivestimenti delle canalizzaztoni....221
Art. 2.12. Teminali ed accessori canalizzazioni....222
Art. 2.13. Coibentazione delle tubazioni....222
Art. 2.14. Lavaggio preliminare dell'impianto e riempimento con liquido di protezione....225
TITOLO III – NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE OPERE IMPIANTI ELETTRICI....226
CAPO 7. DESIGNAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI....226
Art. 1. Normalizzazione....226
Art. 2. Unificazione....226
Art. 3. Armonizzazione....226
Art. 4. Comitato Elettrotecnico Italiano e International Electrothecnical Commission....226
Art. 5. Designazione delle opere da eseguire....226
Art. 6. Definizioni relative a impianti elettrici....226
Art. 7. Opere accessorie e provvisionali....227
Art. 8. Lavori provvisori....227
Art. 9. Prescrizioni tecniche generali....227
Art. 9.1. Requisiti di rispondenza a norme, leggi e regolamenti....227
Art. 9.2. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro....227
Art. 9.3. Prescrizioni riguardanti i circuiti – Cavi e conduttori....227
Art. 9.4. Canalizzazioni....229
Art. 9.5. Tubazioni per le costruzioni prefabbricate....231
Art. 9.6. Posa di cavi elettrici isolati, sotto guaina, interrati....232
Art. 9.7. Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in cunicoli praticabili....232
Art. 9.8. Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni interrate o non interrate, o in cunicoli non praticabili....233
Art. 9.9. Posa aerea dei cavi elettrici, isolati, non sotto guaina, o di conduttori elettrici nudi....233
Art. 9.10. Posa aerea di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, autoportanti o sospesi a corde portanti....233
Art. 9.11. Protezione contro i contatti indiretti....234
CAPO 8. IMPIANTO DI MESSA A TERRA E SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI....234
Art. 9.12. Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione....236
3 Art. 9.13. Protezione mediante doppio isolamento....236
Art. 9.14. Protezione delle condutture elettriche....236
Art. 9.15. Coordinamento con le opere di specializzazione edile e delle altre non facenti parte del ramo d'arte della ditta appaltatrice....237
Art. 9.16. Materiali di rispetto....237
Art. 9.17. Protezione dalle scariche atmosferiche....237
Art. 9.18. Protezione da sovratensioni per fulminazione indiretta e di manovra....238
Art. 9.19. Protezione contro i radiodisturbi....238
Art. 9.20. Stabilizzazione della tensione....238
Art. 10. Potenza impegnata e dimensionamento degli impianti....239
Art.10.1 Valori di potenza impegnata negli appartamenti di abitazione....239
Art.10.2 Punti di utilizzazione....239
Art. 10.3 Suddivisione dei circuiti e loro protezione in abitazioni ed edifici residenziali....239
Art. 10.4 Coefficienti per la valutazione del carico convenzionale delle unità di impianto....241

Art. 10.5 Coefficienti per la valutazione del carico convenzionale delle colonne montanti che alimentano appartamenti di abitazione....241
Art. 10.6 Impianti trifasi....241
Art. 11. Disposizioni particolari per gli impianti di illuminazione....242
Art. 11.1 Assegnazione dei valori di illuminazione....242
Art. 11.2 Tipo di illuminazione (o natura delle sorgenti)....243
Art. 11.3 Condizioni ambiente....243
Art. 11.4 Apparecchi di illuminazione....243
Art. 11.5 Ubicazione e disposizione delle sorgenti....243
Art. 11.6 Flusso luminoso emesso....243
Art. 11.7 Luce ridotta....243
Art. 11.8 Alimentazione dei servizi di sicurezza e alimentazione di emergenza....244
Art. 12. Dispositivi particolari per impianti per servizi tecnologici e per servizi generali....245
Art. 12.1. Quadro generale di protezione e distribuzione....245
Art. 12.2 Illuminazione scale, atri e corridoi comuni....245
Art. 12.3 Illuminazione cantine, solai e box comuni....246
Art. 12.4 Illuminazione esterna....246
Art. 12.5 Impianto alimentazione ascensori....246
Art. 12.6 Impianto alimentazione centrale termica....246
Art. 12.7 Altri impianti....247
Art. 13. Impianti di segnalazioni comuni per usi civili nell'interno dei fabbricati....247
Art. 13.1. Disposizioni riguardanti gli impianti di segnalazioni acustiche e luminose....247
Art. 13.2 Alimentazione....247
Art. 13.3 Trasformatori e loro protezioni....247
Art. 13.4 Circuiti....247
Art. 13.5 Materiale vario di installazione....248
Art. 14. Sistemi di prevenzione e segnalazione di fughe gas e incendi....248
Art. 14.1 Generalità....248
Art. 14.2 Rilevatori e loro dislocazione....248
Art. 14.3 Centrale di comando....248
Art. 14.4 Allarme acustico generale supplementare....248
Art. 14.5 Alimentazione dell'impianto....248
Art. 14.6 Circuiti....248
Art. 15. Impianti di antenne collettive per ricezione radio e televisione....248
Art. 15.1 Requisiti....248
Art. 15.2 Scelta dell'antenna....249
Art. 15.3 Caratteristiche delle antenne e loro installazione....249
Art. 15.4 Rete di collegamento....249
Art. 15.5 Presa d'antenna....249
Art. 16. Predisposizione dell'impianto telefonico....249
CAPO 9. QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI – CONSEGNA ED ESECUZIONE DEI LAVORI – VERIFICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA DEGLI IMPIANTI....249
Art. 17. Qualità e caratteristiche dei materiali....250
Art. 17.1 Generalità....250
Art. 17.2 Comandi (interruttori, deviatori, pulsanti e simili) e prese a spina....250
Art. 17.3 Apparecchiature modulari con modulo normalizzato....250
Art. 17.4 Interruttori scatolati....251
Art. 17.5 Interruttori automatici modulari con alto potere di interruzione....251
Art. 17.6 Quadri di comando e distribuzione in lamiera....251
Art. 17.7 Quadri di comando e di distribuzione in materiale isolante....251
Art. 17.8 Quadri elettrici da appartamento o similari....251
Art. 17.9 Prove dei materiali....252
Art. 17.10 Accettazione e norme per la misurazione....252
Art. 18. Verifiche e prove in corso d'opera degli impianti....253
CAPO 10. DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI IL MODO DI COLLAUDARE I LAVORI, GARANZIA E....253
Art. 19. Verifica provvisoria, consegna e norme per il collaudo degli impianti....254
Art. 19.1 Verifica provvisoria e consegna degli impianti....254
Art. 19.2 Collaudo definitivo degli impianti....254

Art. 19.3 Norme generali comuni per le verifiche in corso d'opera, per la verifica provvisoria e per il collaudo definitivo degli impianti.....256
Art. 20. Garanzia degli impianti.....256

**ABBREVIAZIONI**

- Codice dei contratti: decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163;
- Regolamento generale: decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice dei contratti pubblici;
- Capitolato generale d'appalto: decreto ministeriale - lavori pubblici - 19 aprile 2000, n. 145;
- R.U.P.: Responsabile unico del procedimento di cui all'articolo 10 del Codice dei contratti e agli articoli 9 e 10 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207;
- Decreto n. 81 del 2008: decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- DURC (Documento unico di regolarità contributiva): il documento attestate la regolarità contributiva previsto dagli articoli 6 e 196 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207;
- attestazione SOA: documento che attesta la qualificazione per una o più categorie, nelle pertinenti classifiche, rilasciato da una Società Organismo di Attestazione, in applicazione degli articoli da 60 a 96 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207.
- «lista»: la lista delle lavorazioni e forniture previste per la esecuzione dell'opera o dei lavori, di cui all'articolo 119 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207.

# PARTE SECONDA
# Norme Tecniche

# TITOLO I – NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE OPERE DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

## CAPO 1. AVVERTENZE PER SAGGI, PROVE, ANALISI ED ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

### Art. 1. Materiali in genere

L'appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare il **campionario delle forniture** più impegnative, degli accessori minori, delle sostanze occorrenti al restauro del complesso monumentale, sagramature, pitturazioni, velature, decorazioni, integrazioni pittoriche, colori, consolidanti, preparatori di fondo, additivi, vernici di finitura ecc. che intende impiegare nell'esecuzione delle opere in ogni loro componente, tutte corredate da scheda tecnica e scheda di sicurezza da sottoporre a preventiva approvazione.
Sono a carico della ditta le certificazioni delle componenti che devono essere miscelate tra di loro, quali ad esempio induritori, solventi, preparatori di fondo, additivi in genere, loro percentuali, ecc. e delle compatibilità dei prodotti tra di loro **previa campionature in loco e dichiarazioni di appositi laboratori specializzati che ne certifichino le compatibilità** senza procedere a miscelazioni empiriche di materiali che con il tempo potrebbero reputarsi non idonee e incompatibili.
L'appaltatore ha l'obbligo di eseguire prima delle lavorazioni degli intonaci e delle malte occorrenti per la stilatura dei giunti o altra tipologia di intervento di restauro, i **relativi saggi stratigrafici e le analisi chimico fisiche atte ad individuare la tipologia** materica che dovrà essere ripetuta sia nella materia che nella composizione; dovrà realizzare idonee campionature da sottoporre ad approvazione della Direzione lavori sia per la lavorazione sia per la tipologia della malta.
Inoltre dovranno presentarsi le **schede tecniche e di sicurezza dei materiali e delle malte di calce che dovranno avere certificazioni a norma europea.** Non potrà iniziarsi alcuna lavorazione senza la preventiva approvazione della Direzione lavori e la scelta della campionatura, che deve essere realizzata ad esclusiva spesa dell'impresa senza richiedere alcun onere specifico o sovrapprezzo e riserva sui tempi di esecuzione, maturazione del materiale, scelte cromatiche, granulometrie, esecuzione di campione e controcampione prima dell'approvazione definitiva. La Direzione Lavori ha la facoltà di rifiutare i materiali che ritiene non corrispondenti alle norme o alla buona riuscita dei lavori. L'impresa dovrà inoltre, a termine lavori, presentare un idoneo fascicolo contenente la mappatura dei materiali utilizzati, corredata dalle relative schede tecniche e di sicurezza con dichiarazione dei materiali utilizzati.
Le calci dovranno essere naturali e non artificiali, e compatibili con il supporto esistente. Esse dovranno avere certificazione europea e quindi essere conformi alle **normative EN 459/1** a discrezione della Direzione Lavori a seconda del supporto e dell'uso che se ne deve fare. Così dicasi degli stucchi a marmorino o delle rifiniture o delle stilature che dovranno avere componenti naturali. Sono ammesse aggiunte di materiali quali fibre di vetro, o resine in percentuali non superiori al 3% solo in casi eccezionali e per legare eventuali supporti non omogenei quali gessi, calci, ecc, previa comunque compatibilità chimica certificata da laboratori specializzati.
Eventuali calchi dovranno essere realizzati in malta di calce con additivi, gesso primario e resine in percentuale tale da non snaturare l'originalità del calco stesso, ammettendo, nei casi occorrenti, anche l'inserimento di fibre minerali così come in origine erano ammesse paglie e cordami e induritori quali il gesso primario. Anche per i calchi dovrà presentarsi scheda tecnica e composizione materica da sottoporre ad approvazione. Essi possono essere realizzati con sagome in scagliola, legno, ferro, silicone e quant'altro a disposizione della tecnica costruttiva e finalizzata alla realizzazione del calco uguale all'esistente.
Preferibilmente le cornici ripetitive saranno realizzate a mano utilizzando cazzuolino, sagome in legno e metallo e qualsiasi idoneo strumento di lavoro, ed eventualmente armate con chiodi di acciaio e filo di ferro, tasselli ecc. e tirate a più strati in opera senza che l'impresa possa richiedere alcun compenso maggiorativo.
La composizione primaria della materia dovrà essere realizzata con una malta in calce idraulica naturale con certificazione europea, sabbia, polvere di marmo, colori naturali e terre, in modo tale che la malta abbia

caratteristiche similari a quanto dovrà essere rinvenuto a seguito delle indagini scientifiche precedentemente dette che possano individuare la tipologia di malta esistente e quindi da imitare e riproporre.
Resta inteso esplicitamente che l'accettazione dei campionari e campioni di qualsiasi tipo e specie non esonera l'appaltatore dall'obbligo di sostituire ad ogni richiesta quei materiali che, anche se conformi ai campioni, risultino difettosi o non idonei ad ottenere un buon risultato; nonostante l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori essa resta comunque totalmente responsabile della riuscita delle opere per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Si precisa che per evitare descrizioni che potrebbero risultare difficilmente rappresentabili, in alcuni articoli del presente capitolato sono stati prescritti alcuni materiali da costruzione con l'indicazione del tipo previsto dal progettista: ciò non costituisce forma di propaganda né costituisce un obbligo di approvvigionamento nei confronti dell'Impresa, la quale è libera di rifornirsi dove meglio le aggrada, ma costituisce un riferimento circa la tipologia e le caratteristiche dei materiali da porre in opera, per quanto riguarda sia le dimensioni sia le proprietà fisiche sia le proprietà meccaniche; i materiali utilizzati dovranno pertanto essere qualitativamente equivalenti o superiori ed in nessun caso inferiori a quelli prescritti.
Si fa presente che con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo con i documenti UNINorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

## Art. 2 Materiali naturali e di cava, inerti

**Art. 2.1 – Acqua**
Oltre ad essere dolce, limpida e pulita dovrà anche avere un PH neutro ed una torbidezza non superiore al 2%, dovrà avere un PH neutro compreso tra 6 e 8 ed una durezza massima di 32 ° MEC. In ogni caso non dovrà presentare tracce di sali (in particolare solfati di magnesio o di calcio, cloruri, nitrati in concentrazione superiore allo 0,5%), di aggressivi chimici e di inquinamenti organici o inorganici. In caso di necessità, dovrà essere trattata per ottenere il grado di purezza richiesto per l'intervento da eseguire. In taluni casi dovrà essere, altresì, additivata per evitare l'instaurarsi di reazioni chimico – fisiche che potrebbero causare la produzione di sostanze pericolose (DM 9 gennaio 1996 – Allegato I).
Tutte le acque naturali limpide (ad esclusione della sola acqua di mare) potranno essere usate per le lavorazioni. Le acque, invece, che provengono dagli scarichi industriali o civili poiché contengono sostanze (zuccheri, oli grassi, acidi, basi) capaci d'influenzare negativamente la durabilità dei lavori, dovranno essere vietate per qualsiasi tipo di utilizzo.
Per quanto riguarda le acque torbide, le sostanze in sospensione non dovranno superare il limite di 2 gr/lt.

**Art. 2.2 – Sabbie, ghiaia, pietrisco (aggregati lapidei – inerti)**

Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature. La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.
Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti-acceleranti; antigelo-superfluidificanti. Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei lavori potrà far eseguire prove od accettare l'attestazione di conformità alle norma secondo i criteri dell'articolo 6.
I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 e relative circolari esplicative.

L'analisi granulometrica, atta a definire la pezzatura di sabbie, ghiaie e pietrischi dovrà essere eseguita utilizzando i crivelli ed i setacci indicati nelle norme UNI 2332-1 e UNI 2334. Sarà, pertanto, obbligo dell'Appaltatore, mettere a disposizione della D.L. detti crivelli così che possa eseguire il controllo granulometrico. Il diametro massimo dei grani dovrà essere scelto in funzione del tipo di lavorazione da effettuare: malta per intonaco, malta per stuccatura, malta per sagramatura, malta per riprese, impasti per getti, impasti per magroni ecc. Gli aggregati per le malte dovranno altresì essere conformi alle norme UNI EN 13139:2003.

**Ghiaia, pietrisco e sabbia (aggregati lapidei – inerti).**

Le caratteristiche delle ghiaie, dei pietrischi e della sabbia da impiegarsi nella formazione dei calcestruzzi e delle malte, dovranno rispondere al D.M. 14.01.2008 ed alle norme UNI : EN 12620, EN 13139; dovranno essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose e di gesso. La sabbia da impiegarsi nei calcestruzzi e nelle murature in genere dovrà essere preferibilmente di natura silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione; dovrà avere forma angolosa ed essere costituita da grani di dimensioni variabili da mm. 1 a mm. 5.
Si definisce:
– pietrisco: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli, passante al crivello 71 U.N.I. 2334 e trattenuto dal crivello 25 U.N.I. 2334;
– pietrischetto: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al crivello 25 U.N.I. 2334 e trattenuto dal crivello 10 U.N.I. 2334;
– graniglia: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al crivello 10 U.N.I. 2334 e trattenuto dal setaccio 2 U.N.I. 2332;
– sabbia: materiale litoide fine, di formazione naturale od ottenuto per frantumazione di pietrame o di ghiaie, passante al setaccio 2 U.N.I. 2332 e trattenuto dal setaccio 0,075 U.N.I. 2332;
La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria, alla destinazione del getto ed all'ingombro delle armature.

Le ghiaie saranno costituite da elementi di forma arrotondata di origine naturale, omogenei pulitissimi ed esenti da materie terrose argillose e limacciose e dovranno provenire da rocce compatte (calcaree o silicee), non gessose ad alta resistenza a compressione, dovrà, inoltre, essere ben assortita. Priva di parti friabili ed, eventualmente, lavata con acqua dolce al fine di eliminare materie nocive. I pietrischi (elementi di forma spigolosa di origine naturale o artificiale) oltre ad essere anch'essi scevri da materie terrose, sabbia e materie eterogenee, potranno provenire dalla spezzettatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione (minimo 1200 kg/cm²), all'urto e all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo. Entrambe le tipologie di inerti dovranno avere dimensioni massime (prescritte dalla D.L.) commisurate alle caratteristiche di utilizzo. Le loro caratteristiche tecniche dovranno essere quelle stabilite dal DM 9 gennaio 1996, Allegato 1, punto 2 e dalla norma UNI 8520. In ogni caso le dimensioni massime dovranno essere commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.
Nel dettaglio gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi dovranno essere di dimensioni tali da:
– passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 50 mm se utilizzati per lavori di fondazione o di elevazione, muri di sostegno, rivestimenti di scarpata ecc.
– passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 40 mm se utilizzati per volti di getto;
– passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 30 mm se utilizzati per cappe di volti, lavori in cemento armato, lavori a parete sottile.
In ogni caso, salvo alcune eccezioni, gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi dovranno essere tali da non passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 10 mm.

**Tabella 2.1** Classificazione della ghiaia e del pietrisco in base alla loro granulometria

| **Tipo** | | **Granulometria in mm** | **Utilizzo** |
|---|---|---|---|
| Ciottoli o "pillole di fiume" | | 80-100 | pavimentazioni stradali |
| GHIAIA rocce | grossa o ghiaione | 50-80 | riempimenti, vespai, massicciate, sottofondi |
| | mezzana | 20-50 | riempimenti, solai, getti |
| | ghiaietto o "pisello" | 10-20 | riempimenti, solai, getti |
| | granello o "risone" | 7-10 | rinzaffi ad alto spessore, zoccolature, bugnati, pavimentazioni, piccoli getti |
| PIETRISCO rocce | grosso | 40/71 | riempimenti, vespai, getti |
| | ordinario | 25/40<br>15/25 | pavimentazioni stradali, getti, riempimenti |
| | pietrischetto | 10/15 | pavimentazioni stradali, getti, riempimenti |
| GRANIGLIA marmo | graniglia grossa | 5/20 | pavimenti a seminato, a finto mosaico |
| | graniglia media | 2,5/11 | pavimenti a seminato, a finto mosaico, battuti |
| | graniglia minuta | 0,5/5 | marmette di cemento, pavimenti a seminato, battuti |

**Sabbie**
Le sabbie vive o di cava, di natura silicea, quarzosa, granitica o calcarea ricavate dalla frantumazione di rocce con alta resistenza alla compressione, né gessose, né gelive dovranno essere: ben assortite, costituite da grani resistenti, prive di materie terrose, argillose, limacciose, polverulenti, di detriti organici e sostanze inquinanti; inoltre, avere un contenuto di solfati e di cloruri molto basso. Le sabbie dovranno, altresì essere scricchiolanti alla mano, ed avere una perdita di peso non superiore al 2% se sottoposte alla prova di decantazione in acqua. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostante chimiche attive. Per il controllo granulometrico, l'Appaltatore dovrà approntare e porre a disposizione della Direzione Lavori gli stacci UNI 2332.
• *Sabbia per murature in genere.*
Sarà costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso lo staccio 2 UNI 2332.
• *Sabbia per intonacature ed altri lavori.*
Per gli intonaci, le stuccature, le murature di paramento o in pietra da taglio, la sabbia sarà costituita da grani passanti allo staccio 0,5 UNI 2332.
• *Sabbia per conglomerati.*
Dovrà essere conforme a quanto previsto nell'Allegato 1 del DM 3 giugno 1968 e dall'Allegato 1, punto 1.2, del DM 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche". I grani dovranno avere uno spessore compreso tra 0,1 mm e 5,0 mm (UNI 2332) ed essere adeguati alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera. È assolutamente vietato l'uso di sabbia marina.

Le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno, salvo diverse specifiche di progetto, essere costituite da granuli del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%. La sabbia, all'occorrenza, dovrà essere lavata con acqua dolce, anche più volte, al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva. L'accettabilità della sabbia verrà definita con i criteri indicati all'art. 6 del DR 16 novembre 1939, n. 2229, nell'Allegato 1 del DM 3 giugno 1968 e nell'Allegato 1, punto 2 del DM 27 luglio 1985; la distribuzione granulometrica dovrà essere assortita e comunque adeguata alle condizioni di posa in opera.

**Tabella 2.2** Classificazione delle sabbie in base alla loro granulometria

| **Tipo** | | **Granulometria in mm** | **Utilizzo** |
|---|---|---|---|
| SABBIA silice, calcare | Grossa o sabbione | 2/6 | malta da costruzione, arriccio, rinzaffo (spessore 2-5 cm), calcestruzzi |
| | media | 1/2 | malta da rasatura, arriccio, intonachino, malta da allettamento |
| | fina | 0,5/1 | finiture, stuccature, iniezioni di consolidamento |
| | finissima | 0,05-0,5 | rifiniture, decorazioni, stuccature, iniezioni di consolidamento |

**Polveri**
Ricavate dalla macinazione meccanica di marmi (carrara, verona, botticino ecc.) e pietre (silice ventilata, silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, dove prescritto dal progetto o dalla D.L., alla miscela secca di sabbie in quantitativo, salvo diverse prescrizioni, di circa 10-15% in peso.
La silice micronizzata si presenta come una polvere bianca, amorfa ai raggi X, con grandezza delle particelle primarie di 5-30 nanometri. Le caratteristiche principali sono: effetto addensante, tixotropante, antisedimentante, rinforzante per elastomeri, miglioramento dell'effetto di scorrimento delle poveri ed effetto assorbente.

**Pietra macinata**
Inerti ottenuti dalla frantumazione naturale di rocce calcaree e/o sedimentarie, appartenenti al gruppo delle arenarie, proveniente direttamente da cave o da materiale di recupero della stessa fabbrica in questo caso, preventivamente alla macinazione, sarà cura dell'appaltatore provvedere ad una accurata pulizia seguita da cicli di lavaggio e asciugatura così da rimuovere eventuali tracce di sostanze inquinanti ed impurità varie. La pietra macinata, se non diversamente specificato, dovrà possedere le seguenti caratteristiche: buona resistenza a compressione; bassa porosità così da garantire un basso coefficiente di imbibizione; assenza di composti idrosolubili (ad es. gesso); assenza di sostanze polverose, argillose o di terreno organico.

Il materiale derivato dalla frantumazione delle pietre proveniente da cave (da utilizzare per intonaci e stuccature) dovrà, necessariamente, essere dapprima accuratamente ventilato ed in seguito lavato più volte con acqua dolce così da asportare la polvere di macinazione che ricoprendo i granuli dell'inerte potrebbe compromettere l'utilizzo. L'inerte macinato sarà, di norma, classificato, in base alla sua granulometria, in:
– fine da 0,3 a 1 mm;
– media da 1 a 3 mm;
– grossa da 3 a 5 mm;
– molto grossa da 5 a 10 mm.
Per il controllo granulometrico sarà cura dell'appaltatore fornire alla D.L. i crivelli ed i setacci indicati nelle norme UNI 2332-1 e UNI 2334.

**Pozzolana**
Le pozzolane (tufo trachitico poco coerente e parzialmente cementato di colore grigiastro, rossastro o bruno) dovranno essere ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti ed essere di grana fine (dimensione massima dei grani della pozzolana e dei materiali a comportamento pozzolanico inferiore ai 5 mm), asciutte ed accuratamente vagliate, con resistenza a pressione su malta normale a 28 gg di 2,4 N/mm², resistenza a trazione su malta normale a 28 gg. di 0,4 N/mm² e residuo insolubile non superiore al 40% ad attacco acido basico. Qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dal RD 16 novembre 1939, n. 2230.

**Coccio pesto**
Granulato di coccio macinato disidratato, dovrà essere ricavato dalla frantumazione di laterizio a pasta molle, mattoni, tavelle e coppi fatti a mano cotti a bassa temperatura (< a 950°C); a seconda delle zone di provenienza potrà presentare un colore da toni variabile dal giallo al rosso. Risulterà reperibile in diverse granulometria: a grana impalpabile 00-0, polvere 0-1,2 mm, fine 1,2-3 mm, media 3-8 mm, grossa 8-20 mm. La polvere di coccio pesto dovrà essere lavata al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva. Per le sue caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità potrà essere usato per la produzione di malte ed intonaci naturali anche con spessori consistenti.

**Metacaolino**
Il metacaolino (Al2O32SiO2), ottenuto per calcinazione a 730 °C del caolino (argilla primaria caratterizzata da un alto contenuto di silice e allumina attive) per le sue caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità potrà essere usato per la produzione di malte ed intonaci a marmorino ma anche per il consolidamento d'intonaci mediante iniezioni in profondità. Caratteristiche: colore bianco (grado 85,5 metodo ISO); ossido di silicio 47%; ossido di alluminio 37,8%; ossido di ferro 0,6%; pH al 10% in acqua 5,0±0,5; peso specifico 2,3 gr/dm³.

**Argille espanse**
Materiali da utilizzare principalmente come inerti per il confezionamento di calcestruzzi alleggeriti; in genere si ottengono tramite cottura di piccoli grumi ottenuti agglomerando l'argilla con poca acqua. Ogni granulo di colore bruno dovrà presentare: forma rotondeggiante (diametro compreso tra gli 8 e i 15 mm), essere scevro da sostanze organiche, polvere od altri elementi estranei, non essere attaccabile da acidi, e conservare le sue qualità in un largo intervallo di temperatura.
Di norma le argille espanse saranno in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà, comunque, possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.
Con appositi procedimenti i granuli potranno anche essere sinterizzati e trasformati in blocchi leggeri (mattoni, mattoni forati) da utilizzare, eventualmente, per pareti isolanti.

**Pomice ed altri inerti naturali leggeri**
Gli inerti leggeri di pomice dovranno essere formati da granuli leggeri di pomice asciutti e scevri da sostanze organiche, polveri od altri elementi estranei. Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto. Per quanto riguarda gli aggregati leggeri nel caso di utilizzo per miscele strutturali dovranno necessariamente possedere resistenza meccanica intorno ai valori di 15 N/mm².

## Art. 3. Calci, leganti idraulici, cementi, resine e gesso

Modalità di fornitura e conservazione - L'approvvigionamento dei leganti potrà essere effettuato sia ricorrendo al prodotto sfuso (in tal caso, il trasporto dovrà avvenire in maniera idonea, con mezzi idonei e puliti, atti a scaricare il materiale in appositi luoghi protetti e riparati) che a quello confezionato in sacchi sigillati su cui dovranno essere chiaramente indicati il peso, la qualità del legante, lo stabilimento di

produzione, la quantità di acqua occorrente per il confezionamento di una malta normale e le resistenze minime a trazione ed a compressione dopo 28 gg. di stagionatura dei provini.

Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci" e ai requisiti di cui alla normativa europea UNI EN 459-1:2001 "Calci da costruzione. Definizione, specifiche criteri di conformità"; UNI EN 459-2:2001 "Calci da costruzione. Metodi di prova"; UNI EN 459-3:2001 "Calci da costruzione. Valutazione di conformità".

**Calci aeree**

Le calci aeree (costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio con quantità minori di magnesio, silicio, alluminio e ferro) sono classificate in base al loro contenuto di (CaO+MgO)[1]; si distinguono in:

1) *Calci calciche (CL)* calci costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (il calcare calcico è un calcare che dovrà contenere dallo 0% al 5% di carbonato di magnesio UNI 10319) senza alcuna aggiunta di materiali idraulico pozzolanici;

2) *Calci dolomitiche (DL)* calci costituite prevalentemente da ossido di calcio e di magnesio o idrossido di calcio e di magnesio (il calcare dolomitico è un calcare che dovrà contenere dal 35% al 45% di carbonato di magnesio) senza alcuna aggiunta di materiali idraulico pozzolanici. Questo tipo di calce potrà essere commercializzato nella versione semi-idratata[2] (S1) o completamente idratata[3] (S2).

Le calci aeree potranno, anche essere classificate in base alla loro condizione di consegna: calci vive (Q) o calci idrate (S).

a) *Calci vive (Q)* calci aeree (includono le calci calciche e le calci dolomitiche) costituite prevalentemente da ossido di calcio ed ossido di magnesio ottenute per calcinazione di rocce calcaree e/o dolomitiche. Le calci vive hanno una reazione esotermica quando entrano in contatto con acqua. Possono essere vendute in varie pezzature che vanno dalle zolle al materiale finemente macinato.

b) *Calci idrate (S)* calci aeree, (calci calciche o calci dolomitiche) ottenute dallo spegnimento controllato delle calci vive. Le calci spente sono prodotte, in base alla quantità di acqua utilizzata nell'idratazione, in forma di polvere secca, di grassello o di liquido (latte di calce):

– calce idrata in polvere di colore biancastro derivata dalla calcinazione a bassa temperatura di calcari puri con meno del 10% d'argilla; si differenzia dal grassello per la quantità di acqua somministrata durante lo spegnimento della calce viva (ossido di Calcio), nella calce idrata la quantità di acqua impiegata è quella stechiometrica (3,22 parti di acqua per 1 parte di CaO). Può essere utilmente impiegata come base per la formazione di stucchi lucidi, per intonaci interni e per tinteggiature;

– grassello di calce o calce aerea "spenta" (idrata) in pasta ottenuta per lento spegnimento ad "umido" (cioè in eccesso di acqua rispetto a quella chimicamente sufficiente circa 3-4 volte il suo peso) della calce con impurità non superiori al 5%. Le caratteristiche plastiche ed adesive del grassello, migliorano e vengono esaltate con un prolungato periodo di stagionatura in acqua, prima di essere impiegato. Il grassello, si dovrà presentare sotto forma di pasta finissima, perfettamente bianca morbida e quasi untuosa non dovrà indurire se esposto in ambienti umidi o immerso nell'acqua, indurirà invece in presenza di aria per essiccamento e lento assorbimento di anidride carbonica. La stagionatura minima nelle fosse sarà di 6 mesi per il confezionamento delle malte da allettamento e da costruzione e di 12 mesi per il confezionamento delle malte da intonaco o da stuccatura. Nel cantiere moderno è in uso ricavare il grassello mediante l'aggiunta di acqua (circa il 20%) alla calce idrata in polvere, mediante questa "procedura" (che in ogni caso necessita di una stagionatura minima di 24 ore) si ottiene un prodotto scadente di limitate qualità plastiche, adesive e coesive;

- latte di calce ovvero "legante" per tinteggi, velature e scialbature ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente il grassello di calce (o della calce idrata) fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra.

Le calci aeree possono essere classificate anche in rapporto al contenuto di ossidi di calcio e magnesio (valori contenuti RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci"):

a) *calce grassa in zolle*, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore al 94% e resa in grassello non inferiore al 2,5 $m^3$/ton;

b) *calce magra in zolle* o calce viva, contenente meno del 94% di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5 $m^3$/ton;

b1) *calce forte* legante con deboli doti idrauliche, compresa tra le calci magre quando la presenza di componenti idraulici (presenza di argilla intorno al 5-5,5%) è considerata come impurità;

c) *calce idrata in polvere* ottenuta dallo spegnimento della calce viva, contenuto di umidità non superiore al 3% e contenuto di impurità non superiore al 6%, si distingue in:

---

1[1] L'ossido di magnesio nella composizione del calcare rappresenta l'impurità pertanto quanto minore sarà la sua presenza tanto più pura sarà la calce prodotta.

2[2] Consistente principalmente in idrossido di calcio ed ossido di magnesio.

3[3] Consistente principalmente in idrossido di calcio ed idrossido di magnesio.

– fiore di calce, quando il contenuto minimo di idrati di calcio e magnesio non è inferiore al 91%; il residuo al vaglio da 900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 1% mentre il residuo al vaglio da 4900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 5%; presenta una granulometria piuttosto fine ottenuta per ventilazione;
– calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo di idrati di calcio e magnesio non è inferiore al 82%; il residuo al vaglio da 900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 2% mentre il residuo al vaglio da 4900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 15%; si presenta come un prodotto a grana grossa.
La composizione della calce da costruzione, quando provata secondo la norma UNI EN 459-2, deve essere conforme ai valori della tabella 2 sotto elencata. Tutti i tipi di calce elencati nella tabella possono contenere additivi in modeste quantità per migliorare la produzione o le proprietà della calce da costruzione. Quando il contenuto dovesse superare lo 0,1% sarà obbligo dichiarare la quantità effettiva ed il tipo.

**Tabella 3.1** Requisiti chimici della calce (valori espressi come percentuale di massa). I valori sono applicabili a tutti i tipi di calce. Per la calce viva questi valori corrispondono al prodotto finito; per tutti gli altri tipi di calce (calce idrata, grassello e calci idrauliche) i valori sono basati sul prodotto dopo la sottrazione del suo contenuto di acqua libera e di acqua legata. (UNI EN 459-1)

| **Tipo di calce da costruzione** | **Sigla** | **CaO+MgO** | **MgO** | **$CO_2$** | **$SO_3$** | **Calce libera %** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Calce calcica 90 | CL 90 | ? 90 | ≥5 | ≤ 4 | ≤ 2 | - |
| Calce calcica 80 | CL 80 | ≤ 80 | ≥ 5 | ≤ 7 | ≤ 2 | - |
| Calce calcica 70 | CL 70 | ≤ 70 | ≥ 5 | ≤12 | ≤ 2 | - |
| Calce dolomitica 85 | DL 85 | ≤ 85 | ≥ 30 | ≤ 7 | ≤ 2 | - |
| Calce dolomitica 80 | DL 80 | ≤ 80 | ≥ 5 | ≥ 7 | ≤ 2 | - |
| Calce idraulica 2 | HL 2 | - | - | - | ≤ 3 | ≤ 8 |
| Calce idraulica 3,5 | HL 3,5 | - | - | - | ≥ 3 | ≤ 6 |
| Calce idraulica 5 | HL 5 | - | - | - | ≥ 3 | ≤ 3 |
| Calce idraulica naturale 2 | NHL 2 | - | - | - | ≥ 3 | ≤ 15 |
| Calce idraulica naturale 3,5 | NHL 3,5 | - | - | - | ≥ 3 | ≤ 9 |
| Calce idraulica naturale 5 | NHL 5 | - | - | - | ≥ 3 | ≤ 3 |
| Nella CL 90 è ammesso un contenuto di MgO fino al 7% se si supera la prova di stabilità indicata in 5.3 della EN 459-2:2001.<br>Nelle HL e nelle NHL è ammesso un contenuto di SO3 maggiore del 3% e fino al 7% purché sia accertata la stabilità, dopo 28 giorni di maturazione in acqua, utilizzando la prova indicata nella EN 196-2 "Methods of testing cement: chemical analysis of cement". | | | | | | |

Esempio di terminologia delle calci: la sigla EN459-1 CL90Q identifica la calce calcica 90 in forma di calce viva; la sigla EN459-1 DL85-S1 identifica la calce dolomitica 85 in forma di calce semi-idratata.

**Leganti idraulici**
La calce idraulica viene utilizzata come legante per la preparazione di malte (da muratura e per intonaci interni ed esterni) e per la produzione di altri prodotti da costruzione. Le calci idrauliche dovranno possedere le caratteristiche d'impiego stabilite dalla legge n. 595 del 26 maggio 1965 e del D.M. del 31 agosto 1972; invece, le norme relative all'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove d'idoneità e collaudo saranno regolate dal successivo D.M. del 3 giugno 1968 e dal D.M. 20.11.1984, ed essere conformi alla certificazione EN 459/1 NHL.
La norma UNI EN 459-1 classifica le calci idrauliche nelle seguenti categorie e relative sigle di identificazione:
1) *calce idraulica naturale (NHL)* ovverosia il prodotto ottenuto dalla cottura a bassa temperature (inferiore ai 1000 C°) di marne naturali o calcari più o meno argillosi o silicei con successiva riduzione in polvere mediante spegnimento (con quantità stechiometrica di acqua) con o senza macinazione. Tutte le NHL dovranno avere la proprietà di far presa ed indurire anche a contato con l'acqua e dovranno essere esenti o quantomeno presentare un bassissimo livello di sali solubili.
Questo tipo di calci naturali potrà a sua volta essere diviso in:

– calce idraulica naturale bianca, rappresenta la forma più pura: dovrà essere ricavata dalla cottura di pietre calcaree silicee con una minima quantità di impurezze, presentare una quantità bassissima di sali solubili. Risulterà particolarmente indicata per confezionare malte, indirizzate a procedure di restauro che richiedono un basso modulo di elasticità ed un'elevata traspirabilità. In impasto fluido potrà essere utilizzata per iniezioni consolidanti a bassa pressione;
– calce idraulica naturale "moretta" o "albazzana" a differenza del tipo "bianco" si ricaverà dalla cottura di rocce marnose; risulterà indicata per la confezione di malte per il restauro che richiedono una maggiore resistenza a compressione; il colore naturale di questa calce potrà variare dal nocciolo, al beige, all'avorio fino a raggiungere il rosato;
2) *calce idraulica naturale con materiali aggiunti (NHL-Z)* in polvere ovverosia, calci idrauliche naturali con materiale aggiunto cioè, quelle calci che contengono un'aggiunta fino ad un massimo del 20% in massa di materiali idraulicizzanti a carattere pozzolanico (pozzolana, coccio pesto, trass) contrassegnate dalla lettera "Z" nella loro sigla;
3) *calci idrauliche (HL)*[4] ovverosia calci costituite prevalentemente da idrossido di calcio, silicati di calcio e alluminati di calcio prodotti mediante miscelazione di materiali appropriati. Questo tipo di calce dovrà possedere la caratteristica di far presa ed indurire anche in presenza di acqua.

**Tabella 3.2** Caratteristiche meccaniche delle calci idrauliche naturali da utilizzare nel restauro

| Tipo | NHL 2 | | NHL 3,5 | | | | NHL 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Caratteristiche | Calce delicata idonea per lavori su materiali teneri o fortemente decoesi, per legante di tinteggiature alla calce, per stucchi, e strati di finitura per modanature ed intonaci | | Calce idonea per interventi su pietre e laterizi, anche parzialmente degradati, intervento di iniezione e sigillature consolidanti, per rappezzi di intonaci, e stillatura di giunti | | | | Calce idonea per la ricostruzione di pietre e modanature, massetti, pavimentazioni, rinzaffi e arricci esposti a contatto con acqua o per betoncino con collaborazione statica | | |
| PROVE | **Rapporto impasto** | | **Rapporto impasto** | | | | **Rapporto impasto** | | |
| Resistenza a comp. | 1:2 | 1:2,5 | 1:3 | 1:2 | 1:2,5 | 1:3 | 1:2 | 1:2,5 | 1:3 |
| 7 gg. N/mm$^2$ | 0,62 | 0,53 | 0,47 | 0,75 | 0,57 | 0,53 | 1,96 | 1 | 0,88 |
| 7 gg. N/mm$^2$ | REQUISITI UNI EN 459-1 --- | | REQUISITI UNI EN 459-1 --- | | | | REQUISITI UNI EN 459-1 --- | | |
| 28 gg. N/mm$^2$ | 1,48 | 1,36 | 1,25 | 1,88 | 1,47 | 1,34 | 2,20 | 2,00 | 1,50 |
| 7 gg. N/mm$^2$ | REQUISITI UNI EN 459-1 ≥2 a ≤ 7 | | REQUISITI UNI EN 459-1 ≥3,5 a ≤ 10 | | | | REQUISITI UNI EN 459-1 ≥5 a ≤ 15 (a) | | |
| 6 mesi N/mm$^2$ | 3,848 | 3,00 | 2,88 | 7,50 | 5,34 | 3,94 | 7,30 | 5,90 | 5,31 |
| 12 mesi. N/mm$^2$ | 4 | 2,90 | 2,90 | 7,50 | 5,90 | 3,90 | 9,28 | 8,44 | 6,50 |
| La sabbia avrà una granulometria di 0,075-3 mm<br><br>(a) La NHL 5, con massa volumica in mucchio minore di 0,90 kg/dm$^{3,}$ può avere una resistenza a compressione dopo 28 gg fino a 20 MPa | | | | | | | | | |

**Tabella 3.3** Caratteristiche fisiche delle calci idrauliche naturali

| | – **NHL 2** | | **NHL 3,5** | | **NHL 5** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROVE | – REQUISITI UNI EN 459-1 | – MEDIA | REQUISITI UNI EN 459-1 | MEDIA | REQUISITI UNI EN 459-1 | MEDIA |
| Densità | – 0,4 a 0,8 | – 0,45-0,55 | 0,5 a 0,9 | 0,6-0,66 | 0,6 a 1,0 | 0,65-0,75 |
| Finezza a 90 µm | – ≤ 15% | – 2 a 5 % | ≤ 15% | 6,6 | ≤ 15% | 3,12 |
| Finezza a 200 µm | – ≤ 2 | – ≤ 0,5 % | ≤ 5 % | 0,48 | ≤ 5 | 0,08 |
| Espansione | – ≤ 2 mm | – ≤ 1 mm | ≤ 2 mm | 0,05 | ≤ 2 mm | 0,61 mm |
| Idraulicità | – ---- | – 15 | --- | 25 | --- | 43 |

4[4] Le HL (*Hydraulic Lime*) corrispondono nel mercato italiano a quei leganti che vengono identificati con il termine calce eminentemente idraulica e che commercialmente sono identificati con diciture che declinano, normalmente, con la desinenza CEM o PLAST, in pratica potrebbero essere definiti cementi a bassa resistenza i quali opportunamente "diluiti" con notevole percentuale di materiale inerte macinato finemente (generalmente filler calcareo) e con modeste quantità di additivo aerante, riproducono prestazioni fisico-meccaniche (porosità, resistenza, modulo elastico ecc.) simili a quelle della calce idraulica naturale.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Indice di bianchezza | – --- | – 76 | --- | 72 | --- | 67 |
| Penetrazione | – >10 e <20 mm | – --- | >10 e <50 mm | 21 | >20 e <50 mm | 22,6 |
| Tempo di inizio presa | – >1 e <15 h | – --- | >1 e <15 h | 2,5 | >1 e < 15 h | 3,59 |
| Calce libera | – ≥ 15 % | – 50-60% | ≥ 9 % | 20-25% | ≥ 3% | 15-20% |

Le calci idrauliche sia naturali che artificiali potranno essere classificate anche in rapporto al grado d'idraulicità, inteso come rapporto tra la percentuale di argilla e di calce: al variare di questo rapporto varieranno anche le caratteristiche (valori contenuti nel DM 31 agosto 1972 "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche").

**Tabella 3.4** Classificazione calci idrauliche mediante il rapporto di idraulicità (DM 31 agosto 1972)

| Calci | Indice di idraulicità | Argilla [%] | Calcare [%] | Presa in acqua [giorni] |
|---|---|---|---|---|
| Debolmente idraulica | 0,10-0,15 | 5,31-8,20 | 94,6-91,8 | 15-30 |
| Mediamente idraulica | 0,16-0,31 | 8,21-14,80 | 91,7-85,2 | 10-15 |
| Propriamente idraulica | 0,31-0,41 | 14,81-19,10 | 85,1-80,9 | 5-9 |
| Eminentemente idraulica | 0,42-0,50 | 19,11-21,80 | 80,8-78,2 | 2-4 |

Il prodotto, che può essere fornito in sacchi o sfuso, deve essere accompagnato dalla documentazione rilasciata dal produttore. Norme di riferimento per tutte le calci:
UNI EN 459-1 - Calci da costruzione. Definizioni, specifiche e criteri di conformità;
UNI EN 459-2 - Calci da costruzione. Metodi di prova;
UNI EN 459-3 - Calci da costruzione. Valutazione della conformità.

**Gessi**
I gessi per l'edilizia, distinti in base alla loro destinazione (per muri, intonaci, ecc.), in base alla UNI 6782, avranno le caratteristiche fisiche (granulometria, resistenza) e chimiche (tenore solfato di calcio, contenuto di impurità) fissate dalla norma UNI 8377. I gessi dovranno essere approvvigionati in sacchi sigillati riportanti il nominativo del produttore e la qualità del gesso contenuto. In particolare per la realizzazione di calchi, sarà da preferirsi gesso calcinato alabastrino– ceramico (tipo alabastro) ottenuto sottoponendo a cottura il solfato di calcio biidrato (CASO4-2H2O) macinato.
Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti; approvvigionato in sacchi sigillati con stampigliato il nominativo del produttore e la qualità del materiale contenuto.
Questo legante non dovrà essere impiegato all'aperto o in ambienti chiusi con elevata umidità relativa, in atmosfere contenenti ammoniaca (ad es., all'interno di stalle) o a contatto con acque ammoniacali, in ambienti con temperature superiori ai 110 °C; infine, non dovrà essere impiegato a contatto di leghe di ferro.
Come legante di colore bianco latte potrà assumere varie caratteristiche a seconda della temperatura di cottura. I gessi per l'edilizia si distingueranno in base allo loro destinazione (per muri, per intonaci, per pavimenti, per usi vari) le loro caratteristiche fisiche (granulometria, resistenza, tempi di presa) e chimiche (tenore solfato di calcio, tenore di acqua di costituzione, contenuto di impurezze) vengono fissate dalla norma UNI 8377 la quale norma fisserà, inoltre, le modalità di prova, controllo e collaudo.

**Tabella 3.5** Classificazione dei gessi in base alla temperatura di cottura

| Temperature cottura [c°] | Denominazione prodotti | Caratteristiche ed impieghi consigliati |
|---|---|---|
| 130-160 | scagliola<br>gesso da forma | malte per intonaci (macinato più grossolanamente)<br>malte per cornici e stucchi (macinato finemente) |
| 160-230 | gesso da stuccatori<br>gesso da intonaci | malte d'allettamento per elementi esenti da funzioni portanti,<br>malte per intonaci, da decorazioni, per confezionare pannelli per murature |

| | | |
|---|---|---|
| 230-300 | gesso da costruzioni<br>gesso comune | malte d'allettamento o, in miscela con altri leganti, per formare malte bastarde per elementi con funzioni portanti |
| 300-900 | gesso morto<br>gesso keene (+ allume) | polvere inerte usata in miscela con leganti organici (colla di pesce o colla animale) per la fabbricazione di stucchi da legno o da vetro o |
| 900-1000 | gesso da pavimenti<br>gesso idraulico o calcinato | prodotto che presenta una certa idraulicità con tempi di presa molto lunghi; il gesso, dopo la posa in opera, raggiunge il massimo della |

**Tabella 3.6** Proprietà dei gessi più comunemente usati

| Tipo di gesso | Finezza macinazione | | Tempo minimo di presa, (minuti) | Resistenza a trazione minima ($kg/cm^2$) | Resistenza a flessione minima ($kg/cm^2$) | Resistenza a compressione minima ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Passante al setaccio da 0,2 mm % (minimo) | Passante al setaccio da 0.09 mm % (minimo) | | | | |
| scagliola | 95 | 85 | 15 | 20 | 30 | 40 |
| da costruzione | 70 | 50 | 7 | 8 | 20 | 50 |
| allumato | 90 | 80 | 20 | 12 | 30 | 70 |
| da pavimenti | 90 | 80 | 40 | | | |

L'uso di questo legante dovrà essere necessariamente autorizzato dalla D.L.; per l'accettazione di qualsivoglia tipologia di gesso valgono i criteri generali dell'art. 1 del presente Capo e la norma UNI 5371.

## Art. 4 – Cementi, cementi speciali

**Cementi e agglomerati cementizi**

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104 , conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce , sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art. 1 lett C della legge 595 del 26 maggio 1965 o , al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.

A norma di quanto previsto dal Decreto del Ministero dell'Industria 12 luglio 1999, n.314 "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi", i cementi di cui all'articolo1 lettera A) della Legge 26 maggio 1965, n.595 (e cioè i cementi normali e ad alta resistenza portland, pozzolanico e d'altoforno), se utilizzati per confezionare il conglomerato cementizio normale, armato e precompresso, devono essere certificati presso i laboratori di cui all'articolo6 della Legge 26 maggio 1965, n.595 e all'articolo20 della Legge 5 novembre 1971, n.1086. I cementi recanti il Marchio ICITE-CNR sono considerati rispondenti ai dettati delle sopracitate disposizioni legislative. Per i cementi di importazione, la procedura di controllo e di certificazione potrà essere svolta nei luoghi di produzione da analoghi laboratori esteri di analisi.

Gli agglomerati cementizi, oltre a soddisfare i requisiti di cui alla legge 595/1965, devono rispondere alle prescrizioni di cui al DM 31 agosto 1972 "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" e successive modifiche ed integrazioni.

I cementi potranno essere forniti sfusi e/o in sacchi sigillati. Dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben ventilati e riparati dall'umidità (preferibilmente sopra pedane di legno) e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego. Se sfusi i cementi dovranno essere stoccati in cantiere in appositi silos metallici; i vari tipi e classi di cemento dovranno essere separati ed identificati con appositi cartellini. I prodotti approvvigionati in sacchi dovranno riportare sulle confezioni il nominativo del produttore, il peso, la qualità del prodotto, la quantità d'acqua per malte normali e la resistenza minima a compressione ed a trazione a 28 giorni di stagionatura.

I principali tipi di cemento sono:

1) *cemento Portland (tipo CEM I)*: dovrà presentarsi come polvere fine e pesante, di colore variabile dal grigio bruno al verdognolo, tendente al rossastro nel caso provenga da miscele artificiali; dovrà avere contenuto di costituenti secondari (filler o altri materiali) non superiore al 5%; ovverosia il prodotto ottenuto per macinazione di clinker (consistente essenzialmente in silicati idraulici di calcio) con aggiunto gesso e anidrite (solfato di calcio anidro) dosata nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art. 2 legge 595/1965). I cementi Portland, presenteranno scarsa resistenza alle acque marine e, in genere, a tutti gli aggressori di natura solfatica pertanto, quando si opera in località marina o in presenza di corrosivi solfatici (anche di modesta entità) sarà opportuno operare con cementi del tipo III o IV;
2) *cemento Portland con aggiunta, in quantità ridotta, di loppa e/o pozzolana (tipo CEM II):* detto comunemente cemento Portland rispettivamente alla loppa, alla pozzolana, alle ceneri volanti;
3) *cemento d'altoforno (tipo CEM III)*: dovrà avere contenuto di loppa dal 36% al 95%; la miscela omogenea si otterrà dalla macinazione di clinker Portland e di loppa basica granulata d'altoforno con la quantità di gesso e anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art. 2 legge 595/1965). Questo cemento, di colore verdognolo, presenterà, grazie alle loppe d'altoforno, un basso calore di idratazione sviluppato durante la presa, una buona resistenza chimica ad attacchi di acque leggermente acide o pure, un modesto ritiro in fase di presa;
4) *cemento pozzolanico (tipo CEM IV)*: con materiale pozzolanico dal 15% al 55%; ovverosia la miscela omogenea si otterrà dalla macinazione del clinker Portland e di pozzolana o di altro materiale a comportamento pozzolanico (tipo argille plastiche torrefatte come ad es. la bentonite) con la quantità di gesso e anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art. 2 legge 595/1965). Questo tipo di cemento potrà ridurre o eliminare le deficienze chimiche (rappresentate dalla formazione di idrossido di calcio) del cemento Portland. Il calore d'idratazione sviluppato dal cemento pozzolanico risulterà molto inferiore rispetto a quello sviluppato dal Portland di conseguenza, verrà preferito a quest'ultimo per le lavorazioni da eseguirsi in climi caldi ed in ambienti marini;
5) *cemento composito (tipo CEM V)*: si otterrà per simultanea aggiunta di loppa e di pozzolana (dal 18% al 50%);
6) *cemento alluminoso*: (non classificato nella normativa UNI EN 196-1 ma presente nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968) si otterrà dalla macinazione del clinker ottenuto dalla cottura di miscele di calcare e alluminati idraulici (bauxite). I tempi di presa risulteranno simili a quelli dei normali cementi mentre l'indurimento è nettamente più rapido (7 gg. contro i 28 gg.). Questo legante potrà essere impiegato per lavori da eseguire in somma urgenza dove è richiesto un rapido indurimento (disarmo dopo 5-7 gg); dove occorra elevata resistenza meccanica (titolo 52,5); per gettare a temperature inferiori allo 0 °C (fino a –10 °C); per opere in contato con solfati, oli, acidi e sostanze in genere aggressive per gli altri cementi; per impiego in malte e calcestruzzi refrattari per temperature fino a circa 1300 °C. Dei cementi alluminosi si potrà disporre di due tipi speciali: a presa lenta con ritiro contenuto (inizio presa dopo 15 ore, termine presa dopo altre 15 ore) e a presa rapida (inizio presa dopo 1 ora e termine dopo 2 ore).
Esempio di terminologia del cemento: la sigla CEM II A-L 32,5 R identifica un cemento Portland al calcare con clinker dal 80% al 94% (lettera A) e con calcare dal 6% al 20% (lettera L), classe di resistenza 32,5, con alta resistenza iniziale (lettera R).

**Tabella 4.1** Classificazione tipi di cemento con relativa composizione: le percentuali in massa riferiti al nucleo del cemento, escludendo solfato di calcio e additivi (UNI EN 197-1)

| **Tipo** | **Denominazione** | **Sigla** | **Clinker** | **Loppa d'alto forno granulare** | **Microsilice** | **Pozzolana** | | **Cenere volante** | | **Scisto calcinato** | **Calcare** | **Cost.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Naturale | Indust | Silicica | Calcica | | | |
| | | | **K** | **S** | **D** | **P** | **Q** | **V** | **W** | | | |
| I | Cemento Portland | I | 95-100 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | Cemento Portland alla loppa | II A-S | 80-94 | 6-20 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | II B-S | 65-79 | 21-35 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | Cemento Portland alla microsilice | II A-D | 90-94 | --- | 6-10 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | Cemento Portland alla pozzolana | II A-P | 80-94 | --- | --- | 6-20 | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | II B-P | 65-79 | --- | --- | 21-35 | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | II A- | 80- | --- | --- | --- | 6- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Q | 94 | | | | 20 | | | | | |
| | | II B-Q | 65-79 | --- | --- | --- | 21-35 | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| II | Cemento Portland alle ceneri volanti | II A-V | 80-94 | --- | --- | --- | --- | 6-20 | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | II B-V | 65-79 | --- | --- | --- | --- | 21-35 | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | II A-W | 80-94 | --- | --- | --- | --- | --- | 6-20 | --- | --- | 0-5 |
| | | IIB-W | 65-79 | --- | --- | --- | --- | --- | 21-35 | --- | --- | 0-5 |
| | Cemento Portland allo scisto calcinato | II A-T | 80-94 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 6-20 | --- | 0-5 |
| | | II B-T | 65-79 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 21-35 | --- | 0-5 |
| | Cemento Portland al calcare | II A-L | 80-94 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 6-20 | 0-5 |
| | | II B-L | 65-79 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 21-35 | 0-5 |
| | Cemento Portland composito | II A-M | 80-94 | 6-20 | | | | | | | | |
| | | II B-M | 65-79 | 21-35 | | | | | | | | |
| III | Cemento d'altoforno | III A | 35-64 | 36-65 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | III B | 20-34 | 66-80 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | IIIC | 5-19 | 81-95 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0-5 |
| IV | Cemento pozzolanico | IV A | 65-89 | --- | 11-35 | | | | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | IV B | 45-64 | --- | 36-55 | | | | --- | --- | --- | 0-5 |
| V | Cemento composito | V A | 40-64 | 18-30 | --- | 18-30 | | | --- | --- | --- | 0-5 |
| | | V B | 30-39 | 31-50 | --- | 31-50 | | | --- | --- | --- | 0-5 |

I costituenti secondari possono essere filler oppure uno o più costituenti principali, salvo che questi non siano inclusi come costituenti principali del cemento. La proporzione di microsilice è limitata al 10%. La proporzione di loppa non ferrosa (pozzolana industriale) è limitata al 15%. La proporzione di filler silicica nella Cenere Volante è limitata al 5%. I diversi tipi di cemento dovranno essere forniti in varie classi di solidificazione, contrassegnate dal colore dei sacchi d'imballaggio o, nel caso in cui si utilizzi cemento sfuso, dal colore della bolla d'accompagnamento che deve essere attaccata al silo. I cementi appartenenti alle classi di resistenza 32,5 42,5 e 52,5 verranno classificati in base alla resistenza iniziale in cementi con resistenza iniziale normale e resistenza più alta (sigla aggiuntiva R). I cementi normali (portland, pozzolanico o d'altoforno) contraddistinti dalla sigla 22,5 potranno essere utilizzati esclusivamente per sbarramenti di ritenuta.

**Tabella 4.2** Classificazione tipi di cemento mediante classi di solidità e colorazione di riconoscimento

| **Classe di solidità titolo** | **Resistenza alla tensione di compressione N/mm²** | | | | **Colorazione di riconoscimento** | **Colore della scritta** | **Tempo di inizio presa mm** | **Espansione mm** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Resistenza iniziale** | | **Solidità normale** | | | | | |
| | **2 giorni** | **7 giorni** | **28 giorni** | | | | | |
| 32,5 | - | ≥ 16 | ≥ 32,5 | ≤ 52,5 | Marrone chiaro | Nero | ≥ 60 | ≥ 10 |
| 32,5 R | ≥ 10 | - | | | | Rosso | | |
| 42,5 | ≥ 10 | - | ≥ 42,5 | ≤ 62,5 | Verde | Nero | | |
| 42,5 R | ≥ 20 | - | | | | Rosso | | |
| 52,5 | ≥ 20 | - | 52,5 | - | Rosso | Nero | ≥ 425 | |
| 52,5 R | ≥ 30 | - | | | | bianco | | |

I cementi e gli agglomerati cementizi dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben riparati dall'umidità e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego.

**Cementi speciali**

Sono così definiti quei cementi che presenteranno resistenze fisiche inferiori o requisiti chimici diversi da quelli stabiliti per i cementi normali, differenze dovute a miscele di particolari composti o da elevate temperature di cottura ovvero dall'uso di additivi tipicamente specifici.
1) *Cementi bianchi*: simili come comportamento agli altri cementi comuni Portland. Dovranno essere ricavati dalla cottura di marne (caolini e calcari bianchi mineralogicamente puri) prive del tutto o con una quantità limitatissima di ossidi di ferro e di manganese; gli eventuali residui dovranno essere eliminati con trattamento fisico-chimico. Il bianco del cemento dovrà essere definito dalle ditte produttrici con tre parametri diversi: brillantezza[5], lunghezza d'onda dominante[6] e purezza[7] inoltre, potrà anche essere definito con l'indice di bianchezza[8] (contenuto per un cemento industriale tra 70 e 90). Questo tipo di cemento potrà essere utilizzato per opere di finitura quali stucchi ed intonaci, per opere in pietra artificiale è, inoltre, utilizzabile, in piccole quantità negli impasti a base di calce aerea (intonachini, sagramature, copertine creste dei muri ecc.) così da aumentarne la resistenza meccanica ma permettere ugualmente la permeabilità al vapore d'acqua.
2) *Cementi colorati*: dovranno essere ottenuti dai cementi bianchi miscelati con polvere della stessa finezza, costituita da ossidi, pigmenti minerali[9], o simili in proporzione mai superiore al 10% così da evitare impedimenti di presa ed eccessivi ritiri.
3) *Cementi soprasolfati*: cementi di natura siderurgica che dovranno costituirsi di una miscela di loppa granulata d'altoforno in percentuale dell'80%-85% da gesso o anidrite in percentuale del 10% e da clinker di cemento Portland per circa il 5%. Dovranno essere utilizzati per opere marine e strutture in calcestruzzo a contatto con soluzioni acide. Non risulteranno adatti per operazioni di recupero e/o restauro conservativo.
4) *Cementi ferrici*: dovranno costituirsi di miscele ricche d'ossido di ferro e polvere di allumina, macinando congiuntamente e sottoponendo a cottura mescolanze di calcare, argilla e ceneri di pirite; per questo dovranno contenere più ossido ferrico che allumina, ed essere quasi totalmente privi di alluminato tricalcico. La loro caratteristica preminente, oltre a presentare un buon comportamento con gli aggressori chimici, è quella di avere minor ritiro degli altri cementi ed un più basso sviluppo di calore di idratazione; risulterà adatto per le grandi gettate.
5) *Cementi espansivi*: dovranno essere ricavati da miscele di cemento Portland ed agenti espansivi intesi a ridurre od eliminare il fenomeno del ritiro. Generalmente, potranno essere distinti in due tipi: a ritiro compensato allorché l'espansione sia simile al ritiro (agente espansivo solfoalluminato di tetracalcio), espansivi auto-compressi quando l'espansione risulterà superiore al ritiro (agente espansivo ossido di calcio e/o magnesio). Entrambe le tipologie dovranno essere impiegate miscelandole con l'esatto quantitativo d'acqua consigliato dal produttore, gli sfridi, una volta rappresi, dovranno essere trasportati a rifiuto. Affinché l'espansione avvenga correttamente sarà necessario provvedere ad una corretta stagionatura in ambiente idoneo.
6) *Cementi a presa rapida o romano*: miscele di cemento alluminoso e di cemento Portland (con rapporto in peso fra i due leganti prossimi a uno da impastarsi con acqua), con idonei additivi tali da permettere le seguenti prestazioni: inizio presa entro un minuto dalla messa in opera e termine presa non più di trenta minuti. L'impiego dovrà essere riservato e limitato ad opere aventi carattere di urgenza o di provvisorietà e con scarse esigenze statiche.

## Art. 5. Malte, conglomerati e Caratteristiche Meccaniche dei Cementi Armati

### Art. 5.1 - Generalità delle malte

Le malte, per quanto possibile, devono essere confezionate con materiali analoghi a quelli utilizzati durante la costruzione dell'edificio oggetto del restauro. In ogni modo, la composizione delle malte, l'uso specifico di ognuna di esse nelle varie fasi dei lavori, l'eventuale integrazione con additivi, ecc., saranno specificati dalla Direzione Lavori .
Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose, marnose, polverose o comunque inadatte al caso. L'impasto delle malte, effettuato con appositi mezzi meccanici o, manualmente, dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati preferibilmente sia a peso che a volume. I materiali, le malte e i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi o fusti di peso determinato, a ogni impasto dovranno essere misurati con apposite casse o con appositi

5[5] Espressa come percentuale tra luce riflessa da una superficie di cemento e quella riflessa da una uguale superficie di ossido di magnesio considerato il corpo bianco ideale.

6[6] Ovvero la tonalità della sfumatura che caratterizza il bianco, la lunghezza d'onda dominante varia tra il giallo e l'azzurro.

7[7] Ovvero l'intensità della sfumatura, la purezza sarà misurata dalla percentuale di colore, inferiore al 5%.

8[8] Ovvero il rapporto tra il coefficiente di riflessione del cemento bianco e quello di solfato di bario assunto come riferimento.

9[9] I coloranti più usati sono per il nero il nero manganese; per il rosso l'ossido di ferro; per il blu l'oltremare puro o il blu cobalto; per i verdi l'ossido di cromo; per i gialli l'ocra.

contenitori che l'appaltatore dovrà mantenere a sua cura e spese su tutti i piazzali sui quali verrà effettuata la manipolazione.
La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione, a mezzo di cassa parallelepipeda, riesca semplice e di sicura esattezza. L'impasto dei materiali dovrà essere eseguito preferibilmente a mano, sopra aree convenientemente pavimentate oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.
Gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro. I residui d'impasto che non avessero per qualsiasi ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno essere riutilizzati. I componenti di tutte le malte dovranno essere mescolati a secco.
Per l'ottenimento di una malta di buona qualità, inoltre, le sabbie non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose, sostanze ed elementi che potrebbero compromettere le proprietà della stessa malta.
La classificazione delle malte è definita in rapporto alla composizione in volume, secondo le modalità previste dal D.M. del 14 gennaio 2008.

Classificazione delle malte:

| **Classe** | **Malta** | **Composizione in parti** |
|---|---|---|
| M4 | Idraulica | Calce idraulica (1); sabbia (3) |
| M4 | Pozzolanica | Calce aerea (1); pozzolana (1) |
| M4 | Bastarda | Cemento (1); calce idraulica (1); sabbia (5) |
| M3 | Bastarda | Cemento (1); calce idraulica (1); sabbia (5); pozzolana (1) |
| M2 | Cementizia | Cemento (1); calce idraulica (0;5); sabbia (4) |
| M1 | Cementizia | Cemento (1); sabbia (3) |

Tipologie di malta a varia resistenza:

| **Resistenza media a compressione** | **Tipi di malta equivalenti** |
|---|---|
| 12 N/mm2 (120 kgf/cm2) | M1 |
| 8 N/mm2 (80 kgf/cm2) | M2 |
| 5 N/mm2(50 kgf/cm2) | M3 |
| 2, 5 N/mm2 (25 kgf/cm2) | M4 |

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare (qualora non già specificatamente previsto nel presente capitolato) per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla D.L. o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:
a) Malta comune
Calce spenta in pasta mc 0,25 - 0,40
Sabbia mc 0,85 - 1,00
b) Malta comune per intonaco rustico (rinzaffo)
Calce spenta in pasta mc 0,20 - 0,40
Sabbia mc 0,90 - 1,00
c) Malta comune per intonaco civile (stabilitura)
Calce spenta in pasta mc 0,35 - 0,45
Sabbia vagliata mc 0,80
d) Malta grassa di pozzolana:
Calce spenta in pasta mc 0,22,
Pozzolana grezza mc 1,10
e) Malta mezzana di pozzolana:
Calce spenta in pasta mc 0,25,
Pozzolana vagliata mc 1,10
d) Malta fina di pozzolana:
Calce spenta in pasta mc 0,28,
Pozzolana vagliata mc 1,05
d) Malta idraulica

Calce idraulica q.li 3-5 secondo l'impiego
Sabbia mc 0,90
e) Malta fina per intonaci
Malta di cui alla lettera c), fina di pozzolana, idraulica vagliate allo staccio fino
f) Malta per stucchi
Calce spenta in pasta mc 0,45
Polvere di marmo mc 0,90
g) Calcestruzzo in malta idraulica
Calce idraulica q.li (4)
Sabbia mc 0,40
Pietrisco o ghiaia mc 0,80
h) Malta bastarda
Malta comune, mezzana di pozzolana, idraulica mc 1,00
Agglomerato cementizio a lenta presa q.li 1,50
i) Malta cementizia forte
Cemento idraulico normale q.li 3-6 secondo l'impiego
sabbia mc 1,00
l) Malta cementizia debole
Agglomerato cementizio a lenta presa q.li 2,5-4 secondo l'impiego
Sabbia mc 1,00
m) Malta cementizia per intonaci
Agglomerato cementizio a lenta presa q.li 6,00 secondo l'impiego
Sabbia mc 1,00

Quando la D.L. ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste. Le malte da utilizzarsi per le opere di conservazione dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti. Per questo motivo l'Appaltatore sarà tenuto ad effettuare una serie di analisi fisico-chimico, quantitative e qualitative sulle malte esistenti, in modo da calibrare in maniera ideale le composizioni dei nuovi agglomerati. Tali analisi saranno a carico dell'Appaltatore dietro espressa richiesta della D.L.
Ad ogni modo, la composizione delle malte, l'uso particolare di ognuna di esse nelle varie fasi del lavoro, l'eventuale integrazione con additivi, inerti, resine, polveri di marmo, coccio pesto, particolari prodotti di sintesi chimica, ecc., saranno indicati dalla D.L. dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela dell'edificio oggetto di intervento.
Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriate. I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.
La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione riesca semplice ed esatta.
Per quel che concerne le caratteristiche fisiche e chimiche e i criteri di conformità si fa riferimento alla norma europea UNI EN 459-1.

***Art. 5. 2 - Tipi di malte e intonaci di cui è previsto l'uso:***

**5.2.1 - Malta di rinzaffo**
**legante** - calce idraulica naturale,
**inerte** - sabbia di fiume lavata, esente da sali solubili, granulato di pietra naturale, ghiaino lavato rapporto legante inerte 1:2 o 1:3 (a seconda della dimensione degli inerti, della loro idratazione, dell'umidità relativa ambientale), armatura - rete di nylon, rete metallica, pietrame, scaglia di laterizio quando disposto dalla D.L. granulometria dell'inerte - secondo le qualità delle malte originali di riferimento, anche non omogenea, per la miscelazione di inerti diversi spessore – quello necessario a ristabilire la regolarità del piano in congruenza con le parti originali

**5.2.2 - Malta di rinzaffo antisale**
Premiscelato a base di calce naturale, inerti silico – calcarei, inerti espansi minerali ed additivi specifici.
- Granulometria massima dell'inerte: 2,5 mm.
- Peso specifico apparente polvere : 1 Kg./ litro
- Peso specifico prodotto indurito: 1,3 Kg./litro
- Coefficiente di diffusione al vapore: mu < 10
- Resistenza a compressione 28 gg. : 20 Mpa
- Pot life impasto: 90 minuti
- Acqua di impasto: 25%

**5.2.3 - Malta dell'intonaco di sottofondo.**
A seconda delle necessità potrà essere usata:
**a) legante -** calce idraulica naturale
**inerte** - sabbia di fiume esente da sali solubili, lavata, granulato di pietra naturale, polvere di pietra naturale granulometria dell'inerte - secondo le qualità delle malte originali di riferimento, anche non omogenea, per la miscelazione di inerti diversi spessore - quello necessario a ristabilire la regolarità del rivestimento; in più riprese, nel caso di elementi in rilievo, apportando gradualmente spessore su spessore.
**b)** Malta minerale premiscelata fibrorinforzata a base di calce idraulica naturale, con legante conforme alla normativa europea (EN 459/1 – NLH 2), promotori di presa, inerti cartonatici selezionati con idonea curva granulometrica ed additivi reologici.
- Granulometria massima dell'inerte: 2,5 mm.
- Densità della polvere : 1300 Kg./ mc.
- Densità apparente dell' intonaco indurito: 1,65 Kg./mc. +/- 0,05
- Ph dell' impasto: 12
- Resistenza a compressione a sei mesi : 30 Kg. < cmq

**5.2.4 - Intonaco da risanamento**
Resistente ai sali: intonaco deumidificante idrofobizzato, composto da calce idraulica naturale con bassissima reattività ai sali idrosolubili, miscela di inerti puri e selezionati in curva granulometrica chiusa 0-3 mm. da applicarsi in spessore minimo di 20 mm, che abbia quindi le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:
Legante calce idraulica naturale con bassissima reattività ai sali idrosolubili, cioè con conducibilità elettrica dell'acqua di lavaggio intorno ai 750 microS. Rilascio di ioni in presenza di acqua pari allo 0,05% per il Na+, 0,79% per il Ca++, e 0,27% per il K+.
Peso specifico apparente: 1.450 kg/m3
Peso specifico della malta: 1.735 kg/m3
Permeabilità al vapore: mu = 12-13
Resistenza alla compressione: a 90 gg = 130 kg/cm2
Flesso trazione: 32 kg/cm2
Modulo elastico: 6130N/mm2
Ph: sup. 10,5

**5.2.5 - Intonaco deumidificante**
Premiscelato in polvere fibrorinforzato a base di calce idraulica naturale, inerti silico – calcarei, espansi minerali, aeranti ed additivi idrofobizzanti di massa.
Peso specifico 1,3 Kg./litro
Porosità interna ( contenuto e aria) > 35%
Coefficiente di diffusione al vapore mu 8
Coefficiente di assorbimento d' acqua: 0,5 Kg./ mq. h 0,5
Resistenza a compressione 40 Kg./ cmq.

**5.2.6 - Rasatura minerale di calce idraulica naturale:**
Rasante minerale dì calce idraulica naturale ad alta adesività e che presenta una bassissima reattività ai sali idrosolubili, composto con inerti selezionali in curva chiusa 0-0,8 mm fino a 0-2 mm secondo gli spessori e le irregolarità da riempire. Le caratteristiche chimico fisiche dovranno attenersi a:
Legante calce idraulica naturale con bassissima reattività ai sali idrosolubili, cioè con conducibilità elettrica dell'acqua di lavaggio intorno ai 750 microS. Rilascio di ioni in presenza di acqua pari allo 0,05% per il Na+, 0,79% per il Ca++, e 0,27% per il K+.
Peso specifico apparente: intorno a 1.600 kg/m3
Rapporto acqua/prodotto: ca. 0,20 L/kg
Resistenza al distacco: sup. 6 Kg/cm2
Ph: sup.10,5

**5.2.7 - Rasante minerale a base di calce aerea ad elevata adesione:**
rasante minerale in pasta a base di grassello di calce ben stagionata ed inerti e additivi strettamente minerali di diverse granulometria.
Peso specifico: 1600 kg/m3
Granulometria: 0-0,7 mm
Tipo di inerti: Carbonati e silicati

**5.2.8 - Tonachino di finitura (MARMORINO):**
Finitura a "marmorino": E' costituita da particolare malta di finitura a base di grassello di calcedolce ottenuto con il procedimento di spegnitura continua, stagionato e selezionato. Il particolare effetto cromatico richiesto sarà ottenuto con l'impiego di cariche di idonea curva granulometrica, quali polvere di marmo e terre coloranti naturali.

**5.2.9 - Malta per le stuccature**
**legante** - calce idraulica naturale
**inerte** - sabbia di fiume esente da sali solubili, lavata, granulato di pietra naturale, polvere di pietra naturale rapporto legante inerte 1 :2 in volume granulometria dell'inerte - secondo le qualità cromatiche e tessiturali della pietra costitutiva dell'elemento, anche non omogenea, per la miscelazione di inerti diversi
E' consentito l'utilizzo di malte premiscelate, previa consegna alla Direzione Lavori della scheda tecnica del prodotto, che dovrà essere valutato ed accettato. Così pure dovranno comunque essere fornite alla D.L. le schede tecniche di titti i materiali e componenti (calci, leganti, ecc.).
In riguardo alle malte preconfezionate, l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea del quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto.
In presenza di temperature elevate, di forte umidità ambientale e di gelate, fattori che potrebbero influenzare i tempi di lavorabilità della malta, l'Appaltatore, dietro specifica autorizzazione della D.L., potrà variare sensibilmente i quantitativi d'acqua occorrente oppure utilizzare acqua calda o fredda.

**5.2.10 Malte additivate.**
Vengono definite additivate quelle malte cui vengano aggiunte piccole quantità di agenti chimici che possiedano proprietà tali da migliorarne le caratteristiche meccaniche.
In conformità alle norme UNI 7101-72, le malte additivate possono essere di vario tipo:
- malte antiritiro;
- malte espansive;
- malte ottenute con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche;
- malte ottenute con altri additivi.

**5.2.11 Malte antitiro.**
Vengono additivate con riduttori d'acqua: quando occorrano malte con un minore grado di disidratazione e quindi con minore capacità di ritiro (essendo tale ritiro causa di pericolose screpolature che possono favorire l'assorbimento degli agenti inquinanti) è possibile confezionare malte di buona lavorabilità, che vengono additivate con agenti chimici in grado di ridurre il quantitativo d'acqua che invece occorrerebbe di solito; tali riduttori d'acqua sono lattici e può trattarsi di copolimeri in dispersione acquosa formati da finissime particelle altamente stabili agli alcali, modificate mediante specifiche sostanze stabilizzatrici.
In ogni caso, dovrà essere garantito il riscontro delle seguenti caratteristiche:
a) basso rapporto acqua cemento;
b) proprietà meccaniche conformi alla specifica applicazione;
c) elevata flessibilità e plasticità della malta;
d) basse tensioni di ritiro;
e) ottima resistenza all'usura;
f) elevata lavorabilità;
g) ottima adesione ai supporti;
h) elevata resistenza agli agenti inquinanti.

Quanto alla quantità ottimale di additivo da aggiungere agli impasti, si terrà in considerazione anche l'eventuale umidità degli inerti; essa verrà calcolata in relazione al tipo d'applicazione e potrà oscillare, in genere, dai 6 ai 12 litri ogni 50 kg di cemento. In ogni caso il rapporto tra acqua e lattice sarà variabile da 1 : 1 a 1 : 4.
L'appaltatore dovrà provvedere preventivamente alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo, all'interno di un recipiente tenuto a disposizione della direzione lavori per eventuali controlli e campionature.
Per il confezionamento di miscele cemento/additivo o cemento/inerti/additivo, il lavoro d'impasto andrà opportunamente prolungato facendo preferibilmente ricorso a mezzi meccanici, come betoniere e mescolatori elicoidali per trapano; la malta pronta verrà utilizzata immediatamente e sarà vietato rinvenirla con altra acqua per eventuali riutilizzi. La superficie sulla quale la malta verrà applicata andrà opportunamente preparata: essa dovrà essere solida, priva di polveri e di residui grassi.
Qualora la direzione lavori lo richieda, l'appaltatore dovrà utilizzare come primer una miscela di acqua, additivo e cemento, identica per tipo ma molto più fluida quanto a consistenza.

**5.2.12 Malte espansive.**
Sono quelle malte nelle quali l'additivo genera un aumento di volume dell'impasto; dovranno essere utilizzate sotto stretta sorveglianza della Direzione Lavori.
La preparazione di queste malte prevede che si mescolino in condizioni secche (ossia senza acqua) in betoniera legante, inerti e agenti espansivi in polvere, in una quantità media di circa 10-40 kg/m3 di malta, salvo diverse indicazioni di progetto o di prescrizioni specifiche da parte della direzione lavori. Dopo la mescola, l'appaltatore aggiungerà acqua in proporzione adeguata.
Qualora l'agente espansivo non sia del tipo in polvere ma sia di tipo liquido, prima di aggiungerlo alla mescola secca (inerti/legante) dovrà essere sottoposto a una prolungata miscelazione in acqua e un campione, insieme alle schede tecniche del produttore, dovrà sempre restare disponibile per eventuali controlli e campionature da parte della direzione lavori.
La stagionatura dovrà avvenire in ambiente umido, pertanto sarà cura dell'appaltatore fare in modo che ciò avvenga, evitando eccessi di ventilazione o di soleggiamento oppure procedendo a mantenere umide le condizioni ambientali. In ogni caso sarà sempre preferibile usare additivi provenienti da una sola ditta produttrice e richiedere sempre la consulenza tecnica del produttore.
Gli agenti espansivi dovranno assicurare, in relazione al particolare settore di utilizzo, un'espansione da 0,04 a 0,12%, uno spandimento di circa il 150%, un'aderenza su calcestruzzo o acciaio rispettivamente intorno ai valori di 3-3,5 MPa e 20-30 MPa a 28 giorni di stagionatura.

**5.2.13 Malte additivate con prodotti acceleranti o ritardanti.**
Sono impiegate per ottenere variazioni nel tempo di presa e di indurimento.
Potranno essere utilizzati additivi fluidificanti, plastificanti o aeranti in modo da ottenere il miglioramento delle proprietà inerenti la lavorabilità, l'omogeneizzazione e la resistenza alle condizioni igrometriche e alle eventuali variazioni di temperatura.
Tutto ciò dovrà avvenire sotto stretta sorveglianza della direzione lavori.

**5.2.14 Malte additivate preconfezionate.**
In caso fossero richiesti dosaggi rigorosi, si dovranno preferire malte preconfezionate grazie all'accuratezza con la quale sono controllate nelle parti e nella granulometria; esse dovranno essere confezionate con controllo automatico e elettronico, in modo che nella miscelazione gli inerti vengano selezionati secondo una curva granulometrica ottimale e i leganti e gli additivi chimici vengano rigorosamente dosati.
L'appaltatore farà preparare le malte secondo le indicazioni specifiche inerenti il tipo di malta, in adeguati recipienti e con gli appositi strumenti elicoidali, in modo da ottenere un impasto omogeneo e della giusta consistenza; in particolare, nell'aggiungere l'acqua necessaria a migliorare la lavorabilità, si atterrà alle quantità indicate nelle istruzioni.
Nei casi in cui lo richiedano le condizioni ambientali e climatiche, su specifiche indicazioni della direzione lavori potranno essere modificati i quantitativi d'acqua da aggiungere all'impasto.
L'appaltatore preparerà la malta utilizzando quantitativi tali da poter essere messi in opera nell'arco di 30-60 minuti, gettando a rifiuto la malta non più utilizzabile poiché assolutamente inefficace una volta trascorso detto lasso di tempo.
Potranno essere utilizzate malte premiscelate solo se ogni fornitura sarà accompagnata dalla dichiarazione/documentazione del fornitore attestante il gruppo di appartenenza della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli altri eventuali additivi; nei casi in cui la malta non rientri nelle classificazioni ordinarie e riconosciute, il fornitore dovrà produrre le certificazioni necessarie, redatte secondo prove ufficiali attestanti le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

**5.2.15 Malte di calce per integrazioni**
In linea di principio, le malte da utilizzare per interventi di restauro e di recupero dovranno essere realizzate con modalità e composizioni del tutto simili a quelle preesistenti in opera sulle parti d'interesse storiche che compongono il manufatto. Saranno perciò condotte tutte le indagini e le analisi necessarie a individuare i vari componenti e i dosaggi, anche in relazione agli eventuali vari strati che, anche in tempi differenti, sono stati realizzati.
Le nuove malte dovranno pertanto essere compatibili con il supporto e con le parti contigue, dovranno essere molto lavorabili in modo da adattarsi alla conformazione delle parti da integrare, dovranno avere un grado di resistenza inferiore rispetto a quello delle parti da collegare e dovranno essere lavorate in modo che non si abbiano a creare microfratture e cavillature dannose ai fini della conservazione.
Per la miscelazione si adopereranno contenitori puliti e si procederà utilizzando piccole macchine impastatrici oppure manualmente, avendo cura di preparare poche quantità per volta, ossia la quantità giusta per una messa in opera senza grandi pause e di gettare a rifiuto quanto non sia stato utilizzato.

La misurazione delle quantità da utilizzare sarà condotta con estrema cura e l'acqua sarà necessaria al fine di ottenere la densità giusta per una corretta lavorazione, in particolare per ben amalgamare i componenti e i pigmenti al fine di ottenere una miscela lavorabile e omogenea.
Nel caso si faccia uso di grassello di calce, questo dovrà essere preventivamente stemperato con acqua, che servirà a renderlo fluido per la mescola degli inerti, i quali saranno aggiunti a partire da quelli a minore granulometria.

**5.2.16 I leganti saranno costituiti da:**
- calce aerea (CaO e MgO, composta prevalentemente da ossido di calcio con l'aggiunta di piccole parti di magnesio, alluminio, silicio, ferro ottenuti per calcinazione di rocce) in commercio sottoforma di calce viva o di calce idrata spenta mediante acqua. A seconda della procedura di spegnimento si avrà la calce idrata in polvere (usata come base per stucchi lucidi, intonaci interni e tinteggiature), il grassello di calce (per malte di allettamento, di intonaco e di stuccatura), il latte di calce (per tinteggiature, velature e scialbature);
- calce idraulica naturale (nhl), ottenuta per cottura a bassa temperatura di marne naturali (o calcari) poi spente e macinate. Garantiscono la presa anche in presenza di acqua e sono prive di sali solubili;
- cemento bianco, simile al cemento Portland e ottenuto per cottura di marne, privo di ossidi di ferro e di manganese (adatto in piccole quantità per integrare malte di calce aerea per tonachini, sagramature, copertine, teste di muri, ecc.). L'acqua adoperata per la formazione della malta dovrà essere dolce e pulita, priva di residui grassi e sali.
A seconda dei casi e delle disposizioni di cantiere, l'appaltatore formulerà la malta più adatta, scegliendo il legante più giusto e miscelandolo con gli inerti prescritti.
Se previsto dalla direzione lavori, al fine di ottenere delle migliorie, si potrà fare un modesto uso di additivi chimici, quali fluidificanti per migliorare la miscelazione, acceleranti o ritardanti della presa, porogeni e aeranti per creare bolle d'aria o espansivi per eliminare il ritiro.

***Art. 5.3 - Leganti sintetici***
**5.3.1 – Resine sintetiche**
Le resine sintetiche sono generalmente prodotti polimeri ottenuti con metodi di sintesi chimica da molecole di composti organici semplici derivati dal petrolio, dal carbon fossile o dai gas petroliferi. Le resine sono sostanze vetrose ed amorfe di tipo solido/liquido, prive di un punto di fusione netto che subiscono, tramite somministrazione di calore, una graduale diminuzione della loro viscosità; a seconda del loro comportamento, in presenza di calore si identificheranno in resine termoplastiche e resine termoindurenti. A base di polimeri organici in cui un gran numero di atomi sono uniti mediante legami chimici primari, vengono classificate relativamente al loro comportamento in termoplastiche e termoindurenti.
Si dovranno sempre preferire lavorazioni e materiali della tradizione locale (anche apportando modifiche all'intervento) in modo da non alterare i comportamenti generali e localizzati delle singole parti dell'edificio. L'utilizzo di detti materiali, la provenienza, la preparazione, il peso dei singoli componenti e le modalità d'applicazione saranno concordati con la D.L. dietro la sorveglianza e l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.
In presenza di manufatti di particolare valore storico/artistico sarà vietato, salvo specifica disposizione della Direzione Lavori, in assenza di analisi di laboratorio, di prove applicative o di specifiche garanzie da parte della ditta produttrice sull'effettiva irreversibilità dell'indurimento ed in mancanza di una comprovata compatibilità chimica, fisica e meccanica con i materiali edili preesistenti, utilizzare prodotti di sintesi chimica. Gli interventi potranno essere selezionati e realizzati solo dopo che si sarà presa esatta visione delle schede tecniche specifiche, dopo aver assunto spiegazioni e garanzie da parte delle ditte produttrici e dopo aver condotto le opportune analisi di laboratorio e le prove applicative opportunamente campionate e osservate nel loro risultato; sarà vietato il loro utilizzo in mancanza di una comprovata compatibilità fisica, chimica e meccanica con i materiali direttamente interessati dall'intervento e con i materiali prossimi all'intervento. La loro applicazione dovrà sempre essere eseguita da parte di personale specializzato nel rispetto della normativa sulla sicurezza degli operatori.
Le caratteristiche dei suddetti prodotti saranno conformi alle norme UNICHIM, mentre le analisi di laboratorio relative alle indagini preliminari per la scelta dei materiali saranno quelle stabilite dalle raccomandazioni NORMAL. In particolare le caratteristiche qualitative dei legami organici in base al loro impiego saranno le seguenti:
– perfetta adesione ai comuni materiali da costruzione ottenuta mediante la formazione di un sufficiente numero di gruppi polari capaci di stabilire legami fisici d'affinità con i costituenti sia minerali che organici dei materiali trattati;
– buona stabilità alla depolimerizzazione ed all'invecchiamento;
– elevata resistenza all'attacco chimico operato da acque, sostanze alcaline o da altri tipi di aggressivi chimici;
– limitatissimo ritiro in fase d'indurimento.

Si riportano di seguito alcune tipologie di resine:
- acriliche;
- epossidiche;
- poliesteri.

**Resine epossidiche** – Derivate dalla condensazione del bisfenolo A con epicloridrina, potranno essere del tipo solido o liquido. In combinazione con appositi indurenti amminici che ne caratterizzano il comportamento, potranno essere utilizzate anche miscele con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti, solo dietro approvazione del D.L., per lavori in cui sarà necessario sfruttare le loro elevatissime capacità adesive. Avranno elevata resistenza chimica e meccanica e potranno essere impiegate per svariati usi ma soprattutto come adesivi strutturali e laminati antifiamma; potranno altresì essere caricate con fibre di lana di vetro o di roccia, in modo da accrescere le proprie proprietà meccaniche, che in questo modo si avvicineranno a quelle dell'acciaio.
Il loro impiego in veste di rivestimenti e vernici protettive, in relazione alle alterazioni cromatiche che potrebbero generare sulle superfici, dovrà essere sottoposto a molta cautela e saranno vietati tutti i trattamenti superficiali che potrebbero sostanzialmente modificare l'originario effetto cromatico dei manufatti (UNI 7097-72). Tutti gli usi che potranno farsene, compresi quelli che richiedono le cariche additive (incluse cariche minerali, riempitivi, solventi e addensanti), potranno aver luogo solo dietro esplicita richiesta e approvazione della direzione lavori.
Facendo reagire le resine epossidiche con prodotti indurenti si avrà la formazione di strutture reticolate e termoindurenti.
Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM Le caratteristiche richieste in relazione allo specifico utilizzo (+20C) sono le seguenti:
1) Formulati per impregnazione:
Punto d'infiammabilità 90°C
ritiro 0,10%
viscosità (a + b) mPa.s 150
pot life (minuti) 60
assorbimento 2%
punto Martens 35°C
resistenza a trazione (MPa) 50
resistenza a flessione (MPa) 50
resistenza a compressione (MPa) 70
modulo elastico a fless. (MPa) 1.000
2) Formulati per iniezione:
2a) per lesioni inferiori a mm 1,5:
Punto d'infiammabilità 90°C
ritiro 12%
viscosità (a + b) mPa.s 150-400
pot life (minuti) 30
assorbimento 2%
punto Martens 50°C
resistenza a trazione (MPa) 30
resistenza a flessione (MPa) 50
resistenza a compressione (MPa) 70
modulo elastico a fless. (MPa) 1.000-3.000
2b) per lesioni superiori a mm 1,5:
Punto d'infiammabilità 90°C
ritiro 12%
viscosità (a + b) mPa.s 3.500-4.000
pot life (minuti) 30
assorbimento 2%
punto Martens 50°C
resistenza a trazione (MPa) 50
resistenza a flessione (MPa) 50
resistenza a compressione (MPa) 7 0
modulo elastico a fless. (MPa) 3.000
3) Formulati per betoncini:
Punto d'infiammabilità 90°C
ritiro 0,10%
viscosità (a + b) mPa.s 7.000

pot life (minuti) 60
assorbimento 2%
punto Martens 35°C
resistenza a trazione (MPa) 30
resistenza a flessione (MPa) 30
resistenza a compressione (MPa) 90
modulo elastico a fless. (MPa) 17.000
4) Formulati per restauro strutture (cls):
Punto d'infiammabilità 90°C
ritiro 0,10%
viscosità (a + b) mPa.s 7.000
pot life (minuti) 30
assorbimento 2%
punto Martens 35°C
resistenza a trazione (MPa) 30
resistenza a flessione (MPa) 50
resistenza a compressione (MPa) 70
modulo elastico a fless. (MPa) 700
MODALITÀ DI PROVA, CONTROLLO E COLLAUDO
UNI 8701-11:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del numero di ossidrile.
UNI 8701-12:1985 – 31/01/1985 – Resine epossidiche. Metodo di prova. Determinazione del cloro inorganico.
UNI 8701-14:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del numero amminico negli induritori per resine epossidiche.
UNI 8701-15:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del contenuto di anidride e di acido negli induritori per resine epossidiche.
UNI 8701-1:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione della viscosità mediante il viscosimetro di Holde– Ubbelohde.
UNI 8701-2:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione della viscosità mediante il viscosimetro di Hoppler.
UNI 8701-3:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione della viscosità mediante viscosimetri rotazionali.
UNI 8701-4:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del punto di rammollimento mediante il metodo di Durrans.
UNI 8701-5:1986 – 31/10/1986 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del residuo secco di soluzioni di resine epossidiche.
UNI 8701-6:1985 – 31/01/1985 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione della curva di esotermia e della temperatura massima raggiunta nell'indurimento di sistemi epossidici in condizioni pseudoadiabatiche.
UNI 8701-7:1985 – 31/01/1985 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del tempo di gelo di sistemi epossidici indurenti a caldo.
UNI 8701-8:1985 – 31/01/1985 – Resine epossidiche. Metodi di prova. Determinazione del tempo di gelo di sistemi epossidici indurenti a temperatura ambiente.

**Resine poliesteri** – Le resine poliesteri saranno prodotte generalmente a partire dalla condensazione polimerica di acidi basici insaturi con glicoli; potranno essere usate in forma liquida o come riempitivi più o meno resistenti.
Come riempitivi, prima dell'indurimento al fine di migliorare in diverso modo (a seconda delle necessità) la resistenza finale, potranno essere impastate con fibre naturali di vetro o di cotone o con fibre sintetiche. In alternativa, al fine di dotarle di maggiore resistenza, si potranno aggiungere materiali diversi quali calcari, gesso, cementi e sabbie.
Anche per le resine poliesteri valgono le stesse precauzioni, divieti e modalità d'uso enunciati a proposito delle resine epossidiche. Tutti gli impieghi, compresi quelli che richiedono le cariche additive (incluse cariche minerali, riempitivi, solventi e addensanti) potranno avvenire solo dietro esplicita richiesta e approvazione della direzione lavori.
Le loro caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM
MODALITÀ DI PROVA, CONTROLLO E COLLAUDO
UNI 10154:1993 – 31/01/1993 – Prodotti vernicianti. Stabilità in barattolo dei poliesteri tixotropizzati per legno e supporti legnosi a diverse temperature (codice ICS: 87.040).

UNI 8306:1981 – 31/10/1981 – Prodotti vernicianti. Determinazione del residuo secco dei prodotti vernicianti poliesteri per legno e sopporti legnosi (codice ICS: 87.040).
UNI EN ISO 3521:2001 – 31/07/2001 – Materie plastiche – Resine epossidiche e poliesteri insaturi – Determinazione del ritiro volumetrico globale (codice ICS: 83.080.10).
UNI EN ISO 584:2000 – 31/05/2000 – Materie plastiche – Resine poliesteri insature – Determinazione della reattività ad 80°C (Metodo convenzionale) (codice ICS: 83.080.01).

## Art. 6. Caratteristiche Meccaniche dei cementi Armati

Per quanto previsto a progetto e fatte salve le indicazioni sopra riportate, le caratteristiche meccaniche dei cementi armati utilizzati in progetto sono così definite:

- opere di fondazione :

| | |
|---|---|
| classe di resistenza: | C25/30 (Rck ≥ 30 N/mm2) |
| Resistenza caratt. a compress. cilindrica: | (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.1) fck = 24.90 N/mm2 |
| Resistenza media a trazione semplice: | (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.2) fctm = 2.56 N/mm2 |
| Modulo d'elasticità: | (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.3) Ecm = 31447 N/mm2 |
| Resistenza di calcolo a compressione: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1) fcd = 14.11 N/mm2 |
| Resistenza di calcolo a trazione: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1) fctd = 1.19 N/mm2 |
| Tensione massima per cmb. rara: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5) σc,rara = 14.94 N/mm2 |
| Tensione massima per cmb. quasi perm.: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5) σc,q.perm = 11.21 N/mm2 |
| Diametro massimo degli inerti: | 32 mm |
| Classe di esposizione: | XC2 |
| Rigidezza Slump: | S4 |

- opere in elevazione

| | |
|---|---|
| Classe di resistenza: | C28/35 (Rck ≥ 35 N/mm2) |
| Resistenza caratt. a compress. cilindrica: | (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.1) fck = 29.05 N/mm2 |
| Resistenza media a trazione semplice: | (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.2) fctm = 2.83 N/mm2 |
| Modulo d'elasticità: | (DM 14.01.2008 p.to 11.2.10.3) Ecm = 32588 N/mm2 |
| Resistenza di calcolo a compressione: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1) fcd = 16.46 N/mm2 |
| Resistenza di calcolo a trazione: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1) fctd = 1.32 N/mm2 |
| Tensione massima per cmb. rara: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5) σc,rara = 17.43 N/mm2 |
| Tensione massima per cmb. quasi perm.: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5) σc,q.perm = 13.07 N/mm2 |
| Diametro massimo degli inerti: | 22 mm |
| Classe di esposizione: | XC1 (elem. interni e/o rivestiti) |
| Rigidezza Slump: | S5 |

Copriferro netto minimo (filo esterno armatura più esterna): secondo requisiti antincendio e comunque >30 mm

**Caratteristiche del ferro di armatura**
L'acciaio di armatura sarà conforme ai dettati del DM 14.01.2008; le caratteristiche meccaniche saranno:

- ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

| | |
|---|---|
| Resistenza caratt. di snervamento: | (DM 14.01.2008 p.to 11.3.2.1) fyk = 450.00 N/mm2 |
| Resistenza caratt. di rottura: | (DM 14.01.2008 p.to 11.3.2.1) ftk = 540.00 N/mm2 |
| Resistenza di calcolo: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.1) fyd = 391.30 N/mm2 |
| Tensione massima per cmb. rara: | (DM 14.01.2008 p.to 4.1.2.2.5) σs,rara = 360.00 N/mm2 |

## Art. 7. Elementi di laterizio e calcestruzzo

Gli elementi resistenti artificiali da impiegare nelle murature (elementi in laterizio ed in calcestruzzo) potranno essere realizzati in laterizio normale, laterizio alleggerito in pasta, calcestruzzo normale, calcestruzzo alleggerito, calcestruzzi cellulare; essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale) oppure in direzione parallela (elementi a foratura orizzontale).
Gli elementi resistenti, quando impiegati nella costruzione di murature portanti, dovranno, necessariamente, rispondere alle prescrizioni contenute nel DM LLPP n. 103 del 20 novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento" (d'ora in poi DM

103/1987). Rientreranno in queste prescrizioni anche i mattoni da "paramento" ovverosia, quelli utilizzati per rivestimenti esterni ma che hanno, contemporaneamente una funzione portante.
Nel caso di murature non portanti, le suddette prescrizioni insieme alle norme UNI 8942 "Prodotti di laterizio per murature" potranno costituire un utile riferimento. Le eventuali prove su detti elementi dovranno essere condotte seconde le prescrizioni di cui alla norma UNI 772 "Metodi di prova per elementi di muratura".

**LATERIZI**
Si definiscono laterizi quei materiali artificiali da costruzione formati di argilla contenente quantità variabili di sabbia, di ossido di ferro e di carbonato di calcio, purgata, macerata, impastata, pressata e ridotta in pezzi di forma e di dimensioni prestabilite, i quali, dopo asciugamento, verranno esposti a giusta cottura in apposite fornaci. I laterizi da impiegare per i lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione di cui al R. decreto 16.11.1939, n. 2233, e decreto ministeriale 27.07.1985 all. 7, ed alle norme UNI vigenti.
I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza (salvo diverse proporzioni dipendenti dall'uso locale), di modello costante, presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a quella indicata dalla normativa UNI 5632- 65.

**Requisiti**
I laterizi di qualsiasi tipo, forma e dimensione devono possedere i seguenti requisiti:
- non presentare sassolini, noduli o altre impurità all'interno della massa;
- avere facce lisce e spigoli regolari;
- presentare alla frattura (non vetrosa) grana fine e uniforme;
- dare, al colpo di martello, un suono chiaro;
- assorbire acqua per immersione;
- asciugarsi all'aria con sufficiente rapidità;
- non sfaldarsi e non sfiorire sotto l'influenza degli agenti atmosferici e di soluzioni saline;
- non screpolarsi al fuoco;
- avere resistenza adeguata agli sforzi ai quali dovranno essere assoggettati, in relazione all'uso.

**Controlli di accettazione**
Per accertare se i materiali laterizi abbiano i requisiti prescritti, oltre all'esame accurato della superficie e della massa interna e alle prove di percussione per riconoscere la sonorità del materiale, devono essere sottoposti a prove fisiche e chimiche.
Le prove fisiche sono quelle di compressione, flessione, urto, gelività, imbibimento e permeabilità.
Le prove chimiche sono quelle necessarie per determinare il contenuto in sali solubili totali e in solfati alcalini.
In casi speciali, può essere prescritta un'analisi chimica più o meno completa dei materiali, seguendo i procedimenti analitici più accreditati.
I laterizi da usarsi in opere a contatto con acque contenenti soluzioni saline devono essere analizzati, per accertare il comportamento di essi in presenza di liquidi di cui si teme la aggressività.

**Tabella 7.1** Tipologie degli elementi resistenti artificiali e spessori minimi dei muri (DM 20/11/87)

| **Tipo di elemento** | **φ** | **Elementi resistenti in laterizio** | | **Elementi resistenti in calcestruzzo** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **f ($cm^2$)** | **Spessore minimo (cm)** | **f ($cm^2$)** | **Nessun limite di spessore** |
| Mattone pieno | ≤ 15% | ≤ 9 | 12 | | |
| Mattone e blocchi semipieni | 15% --- 45% | ≤ 12 | 20 | ≤ 0,10 A con A ≤ 900 cm2 | |
| Mattone e blocchi forati | 45% --- 55% | ≤ 15 | 25 | ≤ 0,15 A con A > 900 cm2 | |

Mattoni = elementi resistenti artificiali aventi forma parallelepipeda
Blocchi = elementi resistenti artificiali di grande formato con volume maggiore di circa 5500 cm3
A = area lorda della faccia forata delimitata dal suo perimetro
F = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti
f = area media di un foro (solo per il laterizio)
j = 100 x F/A = percentuale di foratura

Saranno considerati **pieni** i mattoni trafilati (tipo A massiccio, tipo B a tre fori), quelli pressati che presentano incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta, nonché i pressati cellulari (mattoni dotati di fori profondi ma non passanti). Dimensioni UNI 5,5 x 12 x 25 cm e 6 x 12 x 24 cm.
Saranno considerati **semipieni** i laterizi per murature destinati, di norma, ad essere messi in opera con i fori verticali, con apprezzabili caratteristiche di resistenza (foratura pesante). I blocchi semipieni potranno essere prodotti con laterizio "alveolato", ovverosia dotato di porosità uniforme tale da ridurre il peso a 1600-1400 kg/m³. I laterizi semipieni si distingueranno in: mattone semipieno tipo pesante o leggero (dim. 5,5 x 12 x 25 cm; 6 x 12 x 24 cm; - da paramento - dim. doppio UNI 12 x 12 x 25 cm) blocco forato (dim. 12/15 x 25 x 25 cm; 20 x 20 x 40 cm), e blocco forato ad incastro (dim. 20 x 25 x 30 cm; 20 x 30 x 45 cm; 20 x 30 x 50 cm).
Saranno denominati **forati** i laterizi per murature destinati di norma ad essere posti in opera con i fori orizzontali; se non diversamente specificato si classificheranno in:
– *foratino* o "*stiaccione*" (tre fori dim. 5 x 15 x 30 cm);
– *forato comune* (sei fori dim. 8 x12 x 25 cm );
– *foratella* o *tramezza* (otto-dieci fori dim. 8/12 x 25 x 25 cm);
– *foratone* (dodici fori dim. 12 x 24 x 24 cm, 15 x 24 x 30 cm).
A seconda del grado di cottura i laterizi (mattone pieno e semipieno, mezzo mattone, tre quarti, quarto o "bernardino", mezzolungo o "tozzetto", mezzana, pianella) potranno essere distinti in:
a) *albasi*, poco cotti, porosi, di colore chiaro (rosa o giallo), scarsamente resistenti, di norma non adatti come materiale per funzioni strutturali;
b) *mezzanelli dolci*, più rossi dei precedenti, ma con resistenza ancora piuttosto bassa;
c) *mezzanelli forti*, di colore rosso vivo, poco porosi, con resistenza a compressione, nel caso di mattoni pieni, comprese tra 25 e 40 MPa;
d) *ferrioli*, troppo cotti, di colore rosso scuro (tendente al bruno), poco porosi in superficie, poco aderenti alle malte.
Il colore, oltre che dalla temperatura di cottura e dalla durata di tale trattamento, dipenderà anche dal tenore degli ossidi di ferro, dei silicati e del calcare presente nella miscela argillosa, e potrà variare dal giallo al rosso, più o meno cupo.
**Prodotti comuni**: i mattoni pieni per uso corrente dovranno essere a forma di parallelepipedo regolare, di lunghezza doppia della larghezza, di modello costante, avere una colorazione il più uniforme possibile nonché presentare, sia all'asciutto che dopo la prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a quella indicata dalla norma UNI vigente.
Per i mattoni pieni e i mattoni e blocchi semipieni per uso corrente ai fini dell'accettazione di un elemento saranno ammesse:
– 1 fessura interna nella direzione dei fori interessante tutta la dimensione dell'elemento per elementi con una sezione fino a 700 cm²;
– 2 fessure per sezioni maggiori di 700 cm²;
– 4 fessure nella direzione dei fori sulle pareti esterne, non maggiori del 200% della dimensione dell'elemento misurata secondo la direzione della fessura stessa;
– 2 fessure ortogonali alla direzione dei fori sulle pareti e sulle facce esterne, non maggiori del 10% della dimensione dell'elemento misurata secondo la direzione della fessura stessa (due fessure concorrenti in uno spigolo sono da considerarsi una fessura sola).
-In ogni caso il numero totale delle fessure ammesse sulla superficie esterna complessiva dell'elemento non deve superare il valore 4 non saranno da considerarsi nel computo lesioni aventi una estensione £ 5% della lunghezza dell'elemento, misurata secondo la direzione della lesione stessa.
Per ciascun elemento non sarà tollerata, sulla sua superficie, nessuna protuberanza o scagliatura di diametro medio > di 30 mm; protuberanze e scagliature di diametro minore non dovranno essere sistematiche. La quantità di elementi non conformi, ammessa complessivamente nel campione, per fessure, scagliature e protuberanze dovrà risultare £ a 21.
**Prodotti faccia a vista e da rivestimento**: le liste in laterizio per rivestimenti murari a colorazione naturale o colorate con componenti inorganici, potranno presentare nel retro, tipi di riquadri in grado di migliorare l'aderenza con le malte o, essere foggiate con incastro a coda di rondine. Il loro potere di imbibizione non dovrà superare il 10% in peso di acqua assorbita ed il loro contenuto di Sali solubili non dovrà essere superiore a 0,05% o a 0,03%, a seconda dei tipi. Nel caso in cui il colore superficiale dell'elemento risultasse diverso da quello del supporto interno non sarà ammessa alcuna mancanza di rivestimento sulla superficie destinata a restare a visita che renda visibile il corpo ceramico di base.
Per quanto concerne le facce non destinate a rimanere a vista resteranno validi i requisisti enunciati per i prodotti comuni; diversamente, se destinate a restare a vista, i difetti superficiali (lunghezza, fessure, dimensioni scagliature e scheggiature) dovranno avere dimensioni tali da non eccedere i limiti riportati in tabella.

**Tabella 7.2** (UNI 8942/86)

| **Tipo** | **Facce in vista (ammessa una sola imperfezione per dm2 di superficie)** | **Spigoli** |
|---|---|---|
| Liscio | 5 mm | 6 mm |
| Rigato, sabbiato ecc. | 10 mm | 12 mm |

La resistenza meccanica degli elementi dovrà essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti i risultati delle prove e condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste nel DM 103/1987 in caso di muratura portante e con quelle previste dalla norma UNI 8942 se si tratta di semplice rivestimento.
La fornitura dovrà essere accompagnata da dichiarazione del produttore che attesta la conformità dei mattoni e della stessa fornitura ai limiti di accettazione della norma UNI 8942 (semplice rivestimento) e DM 103/1987 (in caso di muratura portante). Sarà, in ogni caso, facoltà del Direttore dei Lavori richiedere un controllo di accettazione, avente lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano realmente le caratteristiche dichiarate dal produttore.

**Tabella 7.3** Limiti di accettazione dei prodotti faccia a vista e da rivestimento per murature non portanti. All'interno della tabella non sono considerati, data la varietà dei valori delle caratteristiche, i prodotti formati a mano. I suddetti valori potranno essere concordati alla fornitura (UNI 8942)

| **CARATTERISTICA** | – **LIMITI E/O TOLLERANZE** |
|---|---|
| **Dimensioni** | |
| Lunghezza nel senso dei fori | ± 3% (max ± 3 mm) |
| Altre dimensioni | ± 2% (max ± 5 mm) |
| Spessore pareti | |
| Interne | 6 mm minimo |
| Esterne | 15 mm minimo |
| – **Forma e massa volumica** | |
| Planarità facce lungo le diagonali | fino a 10 cm ± 2<br>oltre 10 cm < 2% (max ± 5 mm) |
| Rettilineità degli spigoli | fino a 10 cm ± 2<br>oltre 10 cm ± 2% |
| Ortogonalità degli spigoli | fino a 10 cm ≤2<br>oltre 10 cm ≤ 2% |
| **CARATTERISTICA** | **LIMITI E/O TOLLERANZE** |
| **Dimensioni** | |
| Percentuale foratura | nominale – 2 + 5% |
| Massa volumica | nominale ± 8% |
| Densità apparente | Da concordare |
| **Resistenza meccanica** | |
| Resistenza caratteristica a compressione | nominale – 8% |
| Coefficiente di variazione resistenza a compressione | ≤ 20% |
| Trazione per taglio | da concordare |
| Flessione per taglio | da concordare |
| **Altre determinazioni** | |
| Inclusioni calcaree | massimo 1 cratere 3 <φ< 5 mm per dm2; diametro medio crateri < 5 mm; |
| Efflorescenze | Dopo 4 giorni di immersione in acqua gli elementi, lasciati asciugare non ne dovranno presentare |
| Imbibizione | 8 – 20 g/dm2 |
| Assorbimento acqua (quantità) | 10 – 25% |
| Rischio gelività | Comportamento "non gelivo" l'elemento dovrà resistere<br>ad almeno 20 cicli di gelo e disgelo tra i + 50° e i – 20 °C |

Gli elementi speciali di laterizio per l'esecuzione di solai ovverosia le **pignatte** (avente funzione statica collaborante) e le **volterrane** (avente funzione principale di alleggerimento) dovranno presentare i seguenti spessori minimi: pareti superiori e perimetrali a 8 mm; setti interni 7 mm; raggio minimo di raccordatura 3 mm.

Per gli elementi collaboranti alti h cm (altezza variabile da 12 a 24 cm) l'altezza minima della zona rinforzata (S) sarà 5 cm per h ? 25 e h/5 cm per h £ 25, in ogni caso S non potrà essere inferiore a 4 cm. L'altezza complessiva di entrambi questi blocchi di laterizio potrà variare da 12 cm a 24 cm mentre l'interasse varierà da un minimo di 33 cm ad un massimo di 50 cm. La resistenza meccanica dei suddetti elementi dovrà essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti i risultati delle prove condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste dalla normativa vigente.

**Tabella 7.4** Resistenza caratteristica a compressione

| **Tipo blocchi** | – **Volterrane di alleggerimento** **Kg/cm²** | – **Pignatte collaboranti** **Kg/cm²** |
|---|---|---|
| $Rl_k$ parallela ai fori | 150 | 300 |
| $Rl_k$ trasversale ai fori | 50 | 150 |
| P punzonamento | 150 | 50 |

Le **tegole piane** (embrici o tegole marsigliesi) o **curve** (coppi o canali), di qualunque tipo siano, dovranno essere esattamente adattabili le une sulle altre, senza sbavature e presentare tinta uniforme; appoggiate su due regoli posti a 20 mm dai bordi estremi dei due lati corti, dovranno sopportare, sia un carico concentrato nel mezzo gradualmente crescente fino a 120 kg, sia l'urto di una palla di ghisa del peso di 1 kg cadente dall'altezza di 20 cm. Sotto un carico di 50 mm d'acqua mantenuta per 24 ore le tegole dovranno risultare impermeabili (UNI EN 538-539). Le tegole piane, infine, non dovranno presentare difetto alcuno nel nasello.

**Elementi per muratura**
Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e delle Nuove norme tecniche, recare la marcatura CE.

**Gli elementi artificiali**
Per gli elementi resistenti artificiali (laterizio o calcestruzzo) da impiegare con funzione resistente si applicano le prescrizioni per le norme d'accettazione previste dalle Nuove norme tecniche.
Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (foratura verticale) oppure in direzione parallela (foratura orizzontale). Gli elementi possono essere rettificati sulla superficie di posa.
Gli elementi sono classificati in base alla percentuale di foratura e all'area media della sezione normale di ogni singolo foro f. I fori devono essere distribuiti pressoché uniformemente sulla faccia dell'elemento.

**Le prove di accettazione**
Oltre a quanto previsto dalle Nuove norme tecniche (NTC2008), il direttore dei lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate nome armonizzate.
Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.
Quando impiegati nella costruzione di murature portanti, gli elementi in laterizio devono rispondere alle prescrizioni contenute nel Decreto Ministeriale 20 novembre 1987, n.103 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
Nel caso di murature non portanti le suddette prescrizioni possono costituire utile riferimento, insieme a quelle della norma UNI 8942-2.
Gli elementi resistenti di laterizio possono contenere forature rispondenti alle prescrizioni del succitato Decreto Ministeriale 20 novembre 1987, n.103.
La resistenza meccanica degli elementi deve essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti i risultati delle prove e condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste nel decreto ministeriale di cui sopra.

Per le lavorazioni specifiche prescritte (rifacimento cornici, ecc.) i laterizi dovranno rispettare le forme e le dimensioni degli elementi originali preesistenti.
I mattoni forati, le volterrane ed i tavelloni dovranno pure presentare una resistenza alla compressione di almeno Kg. 16 per cmq. di superficie totale premuta (UNI 5631 – 65; 2105 – 07).
Ove prescritto l' uso di mattoni vecchi di recupero, essi dovranno presentare dimensioni, forma e colore il più possibile uguali ai mattoni preesistenti ancora in sito. L'Appaltatore avrà l'obbligo, prima della posa, di fornirli a piè d' opera scalcinati e lavati, senza imperfezioni, sbeccature o fessurazioni, per la preventiva accettazione da parte della Direzione Lavori.

# Art. 8. Materiali ferrosi, acciaio e metalli vari

I prodotti saranno valutati al momento della fornitura; la direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).

***Art. 8.1. Materiali ferrosi e acciaio***

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, sbrecciature, paglie o da qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, trafilature, fucinatura e simili. Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dal R.D. 15.07.1925, dal DM 30 maggio 1974 e dalle norme UNI vigenti e presentare inoltre, seconda della loro quantità, i seguenti requisiti:

a. *Ferro* – Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.

b. *Acciaio trafilato* o *laminato* – tale acciaio, che potrà essere del tipo I (ossia extradolce e dolce il cosiddetto ferro omogeneo, con contenuto di carbonio inferiore a 0,1% per il primo e compreso tra 0,1% e 0,2% per il secondo; gli acciai saranno indicati con i simboli Fe 33 C10 o C16, e Fe 37 C20), o del tipo II (ossia semiduro e duro compresi tra il Fe 52 e il Fe 65 con contenuto di carbonio compreso tra 0,3% e 0,65%), dovrà essere privo di difetti, di screpolature, di bruciature e di altre soluzioni di continuità. In particolare, per la prima varietà, saranno richiesti perfetta malleabilità e lavorabilità a freddo e a caldo, senza che ne derivino screpolature o alte razioni. Esso dovrà, inoltre, essere saldabile e non suscettibile di prendere la temperatura; alla rottura dovrà presentare struttura lucente e finemente granulare (UNI 7070/72). Rientreranno in questa categoria le piastre, le lamiere (sia lisce sia ondulate, sagomate ovvero grecate o microdogate), le staffe e le cravatte per il consolidamento delle travi in legno, i fogli ed i nastri di vari spessori e dimensioni

c. *Acciaio profilato per strutture di armatura:* rientreranno in questa categoria sia i prodotti ottenuti per estrusione i cosiddetti "profilati" a sezione più o meno complessa secondo le indicazioni di progetto (a "T" UNI 5681, a "doppio T o IPE" UNI 5398; ad "H o HE" UNI 5397; ad "L"; ad "U" ecc.) sia quelli a sezione regolare detti anche barre, "tondini" o "fili" se trafilati più sottili. I tondini di acciaio per l'armatura del calcestruzzo siano essi lisci (Fe B32 k) o ad aderenza migliorata (Fe B38 k o Fe B44 k) dovranno rispondere alle prescrizioni contenute nel DM del 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il collaudo e l'esecuzione delle strutture delle opere di c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche" attuativo della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 e relative circolari esplicative, nonché alle norme UNI vigenti. In linea generale il materiale dovrà essere privo di difetti ed inquinamenti che ne pregiudichino l'impiego o l'aderenza ai conglomerati. È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

***Tabella 8.1*** *Caratteristiche meccaniche minime per barre nervate e per reti di acciaio elettrosaldate (DM 9/01/96)*

| **Tipo di acciaio** | **Fe B38 k** | **Fe B44 k** |
|---|---|---|
| Diametro | 5 ÷ 30 mm | 5 ÷ 26 mm |
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ N/mm2 | ≥ 375 | ≥ 375 |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ N/mm2 | ≥ 450 | ≥ 540 |
| Allungamento A5 % | ≥ 14 | ≥ 12 |
| Fino a 12 mm piegamento a 180° su mandrino avente diametro | 3Φ | 4 Φ |
| Oltre 12 mm fino ai 18 mm | 6 Φ | 8 Φ |
| Oltre 18 mm fino a 25 mm piega e raddrizzamento su mandrino avente diametro | 8 Φ | 10 Φ |
| Oltre 25 mm fino a 30 mm | 10 Φ | 12 Φ |

d) *Reti in acciaio elettrosaldato*: le reti di tipo "normale" avranno diametri compresi tra i 4 mm e i 12 mm, potranno su richiesta essere zincate in opera; quelle di tipo inossidabile dovranno essere ricoperte da più strati di zinco (circa 250 g/m²) perfettamente aderente alla rete. Tutte le reti utilizzate in strutture di cemento armato dovranno avere le caratteristiche richieste dal DM 27 luglio 1985 e dal DM 9 gennaio 1996 nonché delle norme UNI vigenti (UNI 8926-27 e UNI ISO 10287).

**Tabella 8.2** Caratteristiche meccaniche per reti di acciaio elettrosaldate (DM 9 gennaio 1996)

| | | |
|---|---|---|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ ovvero f(o,2)k | $N/mm^2$ | ≥ 390 |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ | $N/mm^2$ | ≥ 440 |
| Rapporto dei diametri dei fili dell'ordito | Φ min/ Φ max | ≥ 0,60 |
| Allungamento $A_{10}$ | % | ≥ 8 |
| Rapporto $f_{tk}/ f_{yk}$ | | ≥ 1,10 |

e) *Acciai inossidabili austenitici* (UNI 3158-3159; 3161): dovranno corrispondere per analisi chimica alle norme AISI (*American Iron Steel Istitute*) 304 e 316 (cioè ai rispettivi tipi UNI X5 Cr-Ni 1810 e X5 Cr-Ni-Mo 1712), e AISI 304L e 316L (rispettivi tipi UNI X2 Cr-Ni 1811 e X2 Cr-Ni-Mo 1712), aventi composizione chimiche sostanzialmente uguali alle precedenti a parte per la percentuale di carbonio sensibilmente inferiore che permetterà di migliorare ulteriormente le rispettive caratteristiche di resistenza alla corrosione a fronte, però, di una leggera diminuzione delle caratteristiche di resistenza meccanica (il carico unitario di snervamento Rs scende da 250 MPa a 220 MPa per il tipo 304 e da 260 MPa a 240 MPa per il tipo 316). Nell'acciaio AISI 316 l'utilizzo di molibdeno permetterà di migliorare sensibilmente le caratteristiche alla corrosione in particolare di quella per violatura (il PRE cioè l'indice di resistenza alla violatura *Pitting Resistance Equivalent* del tipo 316 è pari a 23-29 contro il 17-22 dl tipo 304). Il tipo di acciaio a cui si farà riferimento per le caratteristiche meccaniche è il Fe B 44 k. Le modalità di prelievo e le unità di collaudo di tale acciaio seguiranno le medesime prescrizioni previste per gli acciai comuni per armature in c.a. Il peso dell'acciaio inox ad aderenza migliorata ad elevato limite elastico (*low carbon*) verrà determinato moltiplicando lo sviluppo lineare dell'elemento per il peso unitario del tondino di sezione nominale corrispondente determinato in base al peso specifico di 7,95 kg/dm² per il tipo AISI 304L e di 8,00 kg/dm² per il tipo AISI 316L.

**Tabella 8.3** Caratteristiche fisico-meccaniche degli acciai inossidabili

| **Materiale** | **Indice resistenza** | **Conducibilità termica** | **Modulo elastico GPa** | **Carico di snervamento kg/mm²** | **Allungam. minimo %** | **Strizzione minima %** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AISI 304 | 17-22 | 15 | 200 | 25 | 55 | 65 |
| AISI 304L | 18-21 | 15 | 200 | 22 | 55 | 70 |
| AISI 316 | 23-29 | 15 | 193 | 26 | 55 | 70 |
| AISI 316L | 23-29 | 15 | 193 | 24 | 55 | 70 |
| AISI 430 | 16-18 | 26 | 203 | 50 | 18 | 50 |

f) *Acciaio fuso in getti*: l'acciaio fuso in getti per cuscinetti, cerniere, rulli o per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.
g)*Ghisa*: (UNI 5330) la ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. Dovrà essere assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose. Le caratteristiche dovranno adempiere i parametri elencati in tabella.

**Tabella 8.4** Proprietà meccaniche delle ghise

| **Tipo** | **Carico a rottura (minimo) MPa** | **Allungamento a rottura (minimo) %** | **Numero durezza Brinell** | **Resilenza Charpy KJ/m2** | **Modulo Elastico MPa** |
|---|---|---|---|---|---|
| Ghisa grigia ordinaria UNI G 15 | 147 | 1 | 150 | 40 | 84000 |

h) *Titanio*: il titanio e le sue leghe dovranno rispondere, per le loro caratteristiche, alle normative di riferimento del paese di produzione (UNI 10258). Questo specifico metallo dovrà possedere le seguenti caratteristiche: elevata leggerezza, elevata resistenza meccanica in relazione ad una bassa densità, elevata resistenza alla corrosione, basso coefficiente di dilatazione termica e basso coefficiente di conducibilità termica Grazie al suo modulo elastico (pari a circa 100 *GPa* ovvero quasi la metà degli acciai inossidabili) risulterà un metallo facilmente abbinabile ai materiali lapidei, ceramici o, in ogni caso da costruzione. Con un

peso specifico di circa 4,5 g/cm³ ed un carico di rottura simile a quello degli acciai il titanio, con le sue leghe fornisce tra i migliori rapporti resistenza meccanica/peso. La norma ASTM B625 identifica in ordine crescente le caratteristiche in classi da 1 a 4, il più usato è il 2, mentre la lega più utilizzata sarà la Ti-6Al-4V contenente il 6% di alluminio, il 4% di vanadio ed il 90% di titanio.

**Tabella 8.5** Caratteristiche fisico-meccaniche del titanio e della lega Ti-6Al-4V

| **Materiale** | **Densità g/cm³** | **Punto di fusione °C** | **Coeff. dilataz. Termica** | **Modulo elastico GPa** | **Carico di rottura kg/cm²** | **Carico di snervamento kg/cm²** | **Allungamento %** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Titanio | 4,5 | 1668 | 8,4 x 10 | 106 | 3400 | 2800 | 20 |
| Ti-6Al-4V | 4,4 | 1650 | 8,6 x 10 | 120 | 900 | 8300 | --- |

***Gli acciai di carpenteria devono essere almeno del tipo Fe430/S275.***
Il prodotto fornito dall'Impresa deve presentare una marchiatura, dalla quale risulti in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento di produzione, al tipo di acciaio ed al suo grado qualitativo. Il marchio dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP., Servizio Tecnico Centrale. La mancata marchiatura o la sua illeggibilità anche parziale, comporterà il rifiuto della fornitura.
L'Impresa dovrà fornire alla Direzione lavori i certificati relativi alle prove di qualificazione ed alle prove periodiche di verifica della qualità; da tali certificati dovrà risultare chiaramente:

- il nome dell'azienda produttrice, lo stabilimento e il luogo di produzione;
- il certificato di collaudo secondo EN 10204 (agosto 1991);
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Termico Centrale;
- gli estremi dell'ultimo attestato di deposito conseguito per le prove teoriche di verifica della qualità;
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato (non anteriore a tre mesi dalla data di spedizione in cantiere);
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto;
- i risultati delle prove eseguite in stabilimento o presso un laboratorio ufficiale;
- l'analisi chimica, che per prodotti saldabili, dovrà soddisfare i limiti di composizione raccomandati dalla UNI 5132 ottobre 1974.

Prima di sottoporre le eventuali strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice verrà eseguita da parte della Direzione lavori, quando prevista, un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.
L'Amministrazione si riserva di fare eseguire dei prelievi di campioni di materiali da sottoporre a prove in base alle norme UNI EU di riferimento.
Le spese relative all'esecuzione delle prove di cui sopra saranno a carico dell'Impresa.

**Saldature** **AGGIUNGI DA CSA SANTO SPIRITO**
Dovranno essere effettuate come precisato nel D.M. 14 gennaio 2008 (NTC).
Gli elettrodi da impiegare saranno quelli previsti nel succitato D.M., l'Impresa dovrà inoltre tenere conto delle raccomandazioni suggerite dai fabbricanti.
Il materiale fondente dovrà essere completamente asportato subito dopo la saldatura.
Le giunzioni dovranno essere opportunamente preparate sulle parti che andranno in contatto.
Non saranno ammesse saldature su strutture zincate a caldo.

**Trattamenti protettivi materiali e di finitura**
I materiali metallici esterni a vista ed interni, nonchè le strutture devono essere trattati per ottenere protezione dalla corrosione per ossidazione e devono inoltre essere trattati con vernice intumescente, con particolare cura per la protezione delle saldature. I materiali metallici precedentemente trattati devono essere completati con verniciatura di finitura.
Le bullonerie e viterie devono essere dei tipo e del materiale idoneo all'uso (acciaio inox, acciaio al carbonio) e protette contro la corrosione (acciaio inox, zincatura), complete dei relativi accessori (rondelle, cappellotti, guarnizioni, ecc.).
Tutte le finiture devono comunque essere conformi alle norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica.

**Controlli e tolleranze**

L'Impresa è tenuta ad effettuare tutti i controlli geometrici sulle strutture e controlli non distruttivi su saldature e bullonature così come prescritto da norme regolamenti e buona pratica costruttiva.
La Direzione lavori ed la Commissione di Collaudo Tecnico-Amministrativo e Statico ha la facoltà di procedere, in corso d'opera e/o a fine lavori, a controlli sulle strutture montate, per i quali l'Impresa è tenuto a mettere a disposizione, a propria cura e spese, personale, attrezzature, ponteggi e quanto altro occorrente all'espletamento dei controlli stessi.
Sono ammesse tolleranze dell'1% (uno per mille) sulla lunghezza di ogni elemento strutturale sia verticale che orizzontale. Il fuori piombo delle colonne non dovrà superare il 3,5%. (3,5 per mille) dell'altezza degli interpiani e l'1,5%. (1,5 per mille) dell'altezza totale dell'edificio.

**Art.8. 2 - Metalli vari**
Il piombo (UNI 3165, 6450, 7043), lo zinco (UNI 2013 e 2014/74), lo stagno (UNI 3271 e 5539), il rame (UNI 5649) l'alluminio (UNI C.D.U. 669/71) l'alluminio anodizzato (UNI 4222/66) e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, o ne alteri la resistenza o la durata.

## Art. 9. Ancoranti chimici su muratura

Per il fissaggio delle carpenterie metalliche nell'ambito degli interventi di cerchiatura delle membrature murarie e delle aperture indicate a progetto, si utilizzeranno tasselli metallici ad innesto chimico.
L'ancoraggio sarà realizzato mediante utilizzo di un adesivo, composto da una resina uretano metacrilato ibrido (esente da stirene) con riempitivo inorganico e da una mistura indurente (dibenzoil perossido a carica inerte) con pasta cementizia, tipo HILTI HIT-HY 70 o equivalente, e bussole a filettatura interna da 35mm tipo HILTI HIT-IC di diametro M12, barre filettate tipo HIT-AC di diametro M12 o tipo HILTI HAS.
L'ancorante dovrà essere idoneo per applicazioni su muratura piena.
I due componenti sono presenti nel rapporto di 3:1, come da tabella sottostante:

| Adesivo Ibrido | Parti | Densità Volume | Peso Netto | |
|---|---|---|---|---|
| Componente | A 3 ≅ 1.6 | | 245 ml | 390 g |
| Componente | B 1 ≅ 1.0 | | 85 ml | 85 g |
| Totale | ≅ 1.5 | | 330ml | 477 g |

L'ancorante chimico ad iniezione sopra descritto dovrà possedere le seguenti caratteristiche meccaniche e chimiche:

| Standard | | Valori | Unità di misura |
|---|---|---|---|
| Resistenza caratteristica a compressione | DIN 53454 | 59.8 | N/mm2 |
| Modulo di Elasticità (Test a compressione) | DIN 53452 | 2780 | N/mm2 |
| Resistenza a flessione | DIN 53452 | 17.7 | N/mm2 |
| Ritiro | | 0.8 | % |
| Assorbimento d'acqua | DIN 53495 | 4.3 | % |
| Resistenza elettrica | DIN/VDE 0303T3- 2 x $10^{11}$ | | Ohm/cm |

L'ancorante dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

| Nome | Materiale |
|---|---|
| Bussola a filettatura interna HILTI HIT-IC | Acciaio galvanizzato, zincatura ≥5µm DIN 1654, classe 3.6 |
| Barra filettata HILTI HIT-AN | Acciaio galvanizzato, zincatura ≥5µm DIN 1654, classe 3.6 |
| Barra filettata HILTI HAS | Acciaio galvanizzato, zincatura ≥5µm DIN 1654, classe 5.8 |

L'ancorante chimico HILTI HIT-HY 70, o equivalente, con le bussole a filettatura interna tipo HILTI HIT-IC, o con le barre filettate tipo HILTI HIT-AN o tipo HILTI HAS, dovrà possedere le certificazioni di tenuta su muratura piena (DIBt).

*L'impresa può proporre, in accordo alla Direzione Lavori, prodotti equivalenti di comprovata idoneità tecnica senza che questo comporti variazioni del prezzo di contratto.*

Il prodotto fornito dall'Impresa deve essere accompagnato da tutta la certificazione che ne attesti le caratteristiche tecniche.

L'Impresa dovrà fornire alla Direzione lavori i certificati relativi alle prove di qualificazione e certficazione; da tali certificati dovrà risultare chiaramente:

- il nome dell'azienda produttrice, lo stabilimento e il luogo di produzione;
- le caratteristiche chimiche e meccaniche dei vari componenti;
- il certificato di conformità del fornitore;
- il marchio di identificazione CE ove disponibile;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto;
- i risultati delle prove eseguite in stabilimento o presso un laboratorio ufficiale.

***Controlli e tolleranze***
L'Impresa è tenuta ad effettuare tutti i controlli geometrici sulla posa dei tasselli in accordo al progetto esecutivo.
La Direzione lavori ed la Commissione di Collaudo Tecnico-Amministrativo e Statico ha la facoltà di procedere, in corso d'opera e/o a fine lavori, a controlli sulle strutture montate, per i quali l'Impresa è tenuto a mettere a disposizione, a propria cura e spese, personale, attrezzature, ponteggi e quanto altro occorrente all'espletamento dei controlli stessi.

## Art. 10. Prodotti a base legno

**Generalità**
Per prodotti a base di legno si intendono quelli che derivano dalla semplice lavorazione e/o dalla trasformazione del legno e si presentano solitamente sotto forma di segati, pannelli, lastre, ecc… Detti prodotti devono essere provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non devono presentare difetti incompatibili con l'uso cui sono destinati; devono quindi essere di buona qualità, privi di alburno, fessure, spaccature, nodi profondi, cipollature, buchi o altri difetti. I prodotti a base di legno di cui nel seguito sono considerati al momento della loro fornitura ed indipendentemente dalla destinazione d'uso. Il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale, pavimentazioni, coperture, ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni del progetto.

**Tabella 10.1** Tensioni nominali in MPa (N/mm²) per legno massiccio

| Specie legnose | Categoria Legname | Flessione | Trazione | | Compressione | | Taglio | Torsione | Modulo elastico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 90 | 0 | 90 | | | |
| Abete rosso | 1 | 11 | 11 | 0,05 | 10 | 2 | 1 | 1 | 12.500 |
| | 2 | 9 | 9 | 0,05 | 8 | 2 | 0,9 | 1 | 11.500 |
| | 3 | 7 | 6 | 0 | 6 | 2 | 0,8 | 0 | 10.500 |
| Abete bianco | 1 | 11,5 | 11 | 0,05 | 1 | 2 | 0,9 | 1 | 13.500 |
| | 2 | 10 | 9 | 0,5 | 9 | 2 | 0,8 | 1 | 12.500 |
| | 3 | 7,5 | 6 | 0 | 7 | 2 | 0,7 | 0 | 11.500 |
| Larice | 1 | 13 | 12 | 0,05 | 12 | 2,5 | 1,1 | 1 | 15.500 |
| | 2 | 11 | 9,5 | 0,05 | 10 | 2,5 | 1 | 1 | 14.500 |
| | 3 | 8,5 | 7 | 0 | 7,5 | 2 | 0,9 | 0 | 13.500 |
| Pino silvestre | 1 | 12 | 11 | 0,05 | 11 | 2 | 1 | 1 | 13.500 |
| | 2 | 10 | 9 | 0,05 | 9 | 2 | 0,9 | 1 | 12.500 |
| | 3 | 8 | 6 | 0 | 7 | 2 | 0,8 | 0 | 11.500 |
| Douglas | 1 | 12 | 10,2 | 0,05 | 11 | 2 | 0,9 | 1 | |
| | 2 | 10 | 8,5 | 0,05 | 8,5 | 2 | 0,9 | 1 | |
| | 3 | 7 | 6 | 0 | 6 | 2 | 0,9 | 0 | |
| Quercia, Faggio | 1 | 12 | 45 | 0,05 | 12 | 3 | 1,2 | 1 | 13.500 |
| | 2 | 11 | 10 | 0,05 | 10 | 2,5 | 1 | 1 | 12.500 |
| | 3 | 8,5 | 7 | 0 | 7,5 | 2,2 | 0,9 | 0 | 11.500 |
| Robinia | 1 | 13,5 | 13 | 0,05 | 12 | 3 | 1,2 | 1,6 | 14.000 |
| | 2 | 11,5 | 11 | 0,05 | 10 | 2,5 | 1 | 1,6 | 13.000 |
| | 3 | 9 | 7 | 0 | 7,5 | 2,2 | 0,9 | 0 | 12.000 |
| Castagno, Olmo, Frassino | 1 | 12 | 11 | 0,05 | 11 | 2 | 0,8 | 1,3 | 10.000 |
| | 2 | 10 | 9 | 0,05 | 9 | 2 | 0,7 | 1,3 | 9.000 |
| | 3 | 8 | 6 | 0 | 7 | 2 | 0,6 | 0 | 8.000 |
| Pioppo | 1 | 10,5 | 9 | 0,05 | 10 | 1,5 | 0,6 | 1 | 9.000 |
| | 2 | 8,5 | 7 | 0,05 | 8 | 1,5 | 0,5 | 1 | 9.000 |
| | 3 | 8,6 | 4,5 | 0 | 6 | 1,5 | 0,4 | 0 | 7.000 |

0 sta ad indicare parallela alla fibratura
90 sta ad indicare ortogonale alla fibratura

***Art. 10. 1 - Legnami e materiali derivati dal legno***

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenze essi siano dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al DM 30 ottobre 1912, DPR 24 dicembre 1969, DM del 6 marzo 1986 e alle norme UNI vigenti verranno selezionati, tra le diverse possibilità di scelta, le qualità appartenenti alla categoria prescritta se non presenteranno difetti incompatibili con l'uso per cui sono destinati.

Una classificazione commerciale e pratica, basata sulla forma, distingue i legnami in:

– legname tondo o "tondame"
– legname segato
– legname lavorato a squadratura con sezione quadrata o rettangolare (travi, travicelli ecc.)
– legname segato in tavolame
– legname squadrato

*Il legname rotondo*: dovrà provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovrà essere sufficientemente diritto, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto dal palo; dovrà essere scortecciato per tutta la lunghezza e conguagliato alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza né il quarto del maggiore dei 2 diametri. L'umidità massima tollerabile per questi materiali dovrà essere del 25%.

**Tabella 10.2** Denominazione e misure dei principali prodotti ricavati da legname tondo

| **Denominazione** | **Diametro (cm)** | **Lunghezza (cm)** | **Note ed usi comuni** |
|---|---|---|---|
| Abetelle o stili (antenne, candele) | 12-25 | 200 | Classe media della paleria, solo scortecciati e privati dell'alburno. Utilizzati per ponti di servizio |
| Pali | 15-30 | 200-600 fino a 900 | Classe grossa della paleria di essenza forte e dura sono tronchi privati della scorza e dell'alburno. Utilizzati per fondazione e consolidamento dei terreni |

*Il legname segato a spigolo vivo*: dovrà essere lavorato e squadrato a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo (saranno comunque ammissibili lievi tolleranze sugli smussi), senza alburno ovvero potrà essere tollerata la moderata presenta di alburno nel legname strutturale.

**Tabella 10.3** Denominazione e misure dei principali prodotti ricavati da legname lavorato a squadratura o segato

| **Denominazione** | **Lunghezza (cm)** | **Larghezza (cm)** | **Altezza (cm)** | **Note ed usi comuni** |
|---|---|---|---|---|
| Travi o bordonali | 400 fino a 1000-1200 | 20-45 fino a 50 | 14-35 fino a 40 | Elementi squadrati a filo vivo o con tolleranza di smussi. Utilizzati come elemento principale della orditura di sostegno di coperture o solai. |
| Travicelli | 350-550 | 12-18 | 8-15 | Elementi squadrati a filo vivo utilizzati come struttura secondaria di solai o coperture |
| Morali o Correnti (arcarecci, terzere) | 400-900 | 8-10 | 10-14 | Travicelli utilizzati per l'orditura longitudinale delle coperture |
| Correntini o listelli | 300-800 | 5-8 | 3,5-5 | Correnti di minori comunque squadrati e utilizzati specialmente per l'ossatura delle coperture |
| Piane | non inferiore a 300 | 4-9 | 4-6 | Travicelli piani e squadrati utilizzati per soffitti, tramezze e simili |

*Il tavolame* dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle sconnessure; le tavole potranno essere *non refilate* (ovvero ottenute dal solo taglio longitudinale del fusto), *refilate rastremate* (ovvero smussate seguendo la rastrematura) *parallele* (ovvero a spigoli paralleli) la larghezza delle tavole ordinarie potrà variare da 16 cm a 30 cm e da 8 cm a 15 cm per le sottomisure, la lunghezza varierà da 200 cm a 400 cm.

**Tabella 10.4** Classificazione delle tavole parallele ricavate da tronchi segati

| **Denominazione** | **Lunghezza (cm)** | **Larghezza (cm)** | **Altezza (cm)** | **Note ed usi comuni** |
|---|---|---|---|---|
| Panconi | 400 ma sovente le misure variano da 300 a 600 | 25-40 | 8-15 | Tavole molto grosse utilizzate per lavori di fondazione e per impalcature robuste |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tavoloni | 400 può oscillare da 250 a 500 | 20-40 | 5-8 | Tavole di grossezza media |
| Tavole o assi | 300-600 | 15-35 con gradazioni di 2 | 2,5-6 | Utilizzate per lavori di falegnameria e nei lavori di legname minuto |
| Assicelle | variabile circa 250 | 15-25 | 1,2-2,5 | Tavole sottili |
| **Denominazione** | **Lunghezza (cm)** | **Larghezza (cm)** | **Altezza (cm)** | **Note ed usi comuni** |
| Scurette | variabile | 15-20 | 1 | |
| Sciaveri o scorzoni | variabile | variabile | variabile | Scarti di segagione provenienti dalla parte periferica del tronco con un lato rettilineo e l'altro a porzione di circonferenza |
| Piallacci | variabile | variabile | 0,1-0,2 | Fogli di legno di essenza nobile utilizzati per impiallacciare legni meno pregiati |

*Il legnane squadrato*, ottenuto dai fusti mediante tagli, oltre alla squadratura a spigoli vivi paralleli potrà dar luogo ad altri due tipi di legni:
– legname grossolanamente squadrato a spigolo smussato lavorato a sega o ad ascia, dove tutte le facce dovranno essere spianate senza essere scarnite, saranno tollerati l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale;
– travi con squadratura "uso Trieste" ovvero lavorazione, eseguita su piante intere con una squadratura parziale senza spigolo vivo ottenuta attraverso il processo di piallatura superficiale, mantenendo la conicità del tronco originario.
I legnami per pavimentazioni siano essi listoni che tavolette dovranno necessariamente essere stagionati, ben piallati, esenti da nodi, fenditure, tarlature ed altri difetti che ne alterino l'aspetto, la durata e la possibilità di montarli a perfetta regola d'arte.
I legnami destinati alla costruzione degli infissi dovranno essere di prima categoria, di struttura e fibra compatta e resistente, non deteriorata, perfettamente sana, dritta e priva di spaccature sia in senso radicale che circolare. Essi dovranno essere ben stagionati con un contenuto d'acqua non superiore al 15%; le specie ammissibili nella categoria degli infissi saranno elencati nelle tabelle UNI 2853-54. Tali legni dovranno presentare limitati difetti: sarà prescritta una densità di almeno 3 anelli per cm (con l'esclusione di alburno), non dovranno essere presenti nodi, cipollature, buchi, od altre malfatture palesi, dovranno, inoltre, presentare colore e venatura uniforme.
Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale, pavimentazioni, coperture ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni del progetto.

**Segati di legno**
I segati di legno dovranno essere forniti in opera conformemente alle norme UNI vigenti (in particolare UNI EN 844). A complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:
– tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 10 mm; tolleranze sullo spessore: ± 2 mm; (misurata secondo la norma UNI EN 1313);
– umidità non maggiore del 15%, (misurata secondo la norma UNI 8829);
– difetti misurati secondo la norma UNI EN 1310 e 1311;
– difetti da essiccazione , (misurati secondo la norma UNI 8947);
– qualità di essiccazione (valutata secondo la norma UNI 9030);
– impregnato con sostanza protettiva contro parassiti del legno e sostanze ignifughe

**Pannelli OSB (Oriented Strand Board)**
Pannelli a base di particelle di legno con trucioli grandi, relativamente lunghi e orientati. L'orientamento delle particelle sarà ottenuto mediante speciali dispositivi di distribuzione longitudinalmente o trasversalmente alla direzione di fabbricazione del pannello; nel caso di struttura a tre strati l'orientamento delle particelle dell'anima solitamente trasversale e delle particelle dello strato di copertura parallelo alla direzione di fabbricazione.
I pannelli a base di particelle di legno dovranno essere forniti in opera conformemente alle norme UNI vigenti (in particolare UNI EN 309 e UNI EN 312), a compimento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli

relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le specifiche di cui alla norma UNI EN 312 nonché con le seguenti caratteristiche:
– tolleranze sulle lunghezza e larghezza: ± 5 mm;
– tolleranze sullo spessore: ± 0,5 mm;
– umidità del 10% ± 3%;
– massa volumica misurata secondo la norma UNI EN 323;
Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:
– rigonfiamento dopo immersione in acqua: 12% massimo (oppure 16%), misurata secondo la norma UNI EN 317

**Legno lamellare incollato**
Il legno lamellare disponibile sotto forma di travi, di pannelli in multistrati o di sezioni sagomate di varia natura proveniente dalle migliori zone di accrescimento (con raccordi fra le parti mediante piccoli raggi di curvatura il raggio non può essere inferiore a 160 volte lo spessore della lamella di specie resinosa e 200 volte per lamelle di specie dure) dovrà essere fornito in opera conformemente alle norme UNI (in particolare UNI EN 386-397, UNI EN 390-392 e UNI EN 1194) e/o CNR vigenti ed in loro mancanza quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).
Ogni pezzatura dovrà essere selezionata qualitativamente e dimensionalmente, stagionata, giuntata di testa e piallata sulle quattro facce, formando le lamelle nelle misure richieste dagli elaborati di progetto. Le lamelle, (di norma spessore £ di 5 cm, larghezza £ di 25 cm, area massima 60 cm² per specie resinose, 40 cm² per specie dure) assemblate per incollaggio eseguito con collanti di tipo strutturale (a base di resorcina formaldeide o di urea), dovranno essere del tipo impregnato con sostanze atte a garantire l'assoluta inattaccabilità da parte di insetti, funghi, agenti atmosferici e chimici. Le strutture portanti dovranno, grazie all'elevata coibenza termica, impedire la creazione di ponti termici ed eliminare fenomeni di condensa.
Le caratteristiche tecniche richieste al legno lamellare sono:
– categorie di legnami utilizzati: resinoso o duro di I° e II° categoria;
– giunzione longitudinale: fitta dentellatura "a pettine" o "a becco di flauto" sfalsata nell'altezza della sezione complessiva;
– colle utilizzate: colle alla resorcina-formolo (per strutture esposte agli agenti atmosferici) o all'urea-formolo;
– trattamenti antimuffa, fungicida, antiparassitario;
– resistenza al fuoco: classe 30/120;
– rapporto altezza/base: £ 10.
Le tensioni ammissibili dichiarate dal produttore dovranno essere quelle riportate in tabella.

**Tabella 10.5** Tensioni ammissibili (kg/cm²)

| **Tipo di sollecitazione** | | **Categoria I** | | **Categoria II** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Duro | Resinoso | Duro | Resinoso |
| Compressione assiale | σ' | 140 | 135 | 112 | 107 |
| Compressione trasversale | σt' | 46 | 26 | 41 | 20 |
| Trazione assiale | σ | 168 | 157 | 101 | 90 |
| Trazione trasversale | σt | 12 | 8 | 10 | 6 |
| Flessione | σf | 152 | 146 | 129 | 112 |
| Taglio | τ | 20 | 15 | 15 | 12 |
| Taglio longitudinale nel piano d'incollaggio | τ | 12 | | – Con colle alla resorcina-formolo<br>– Con colle all'urea-formolo o fenolo-formolo | |
| | τ | 10 | | | |
| Razione ortogonale al piano d'incollaggio | σt | 6 | | – Con colle alla resorcina-formolo<br>– Con colle all'urea-formolo o fenolo-formolo | |
| | σt | 5 | | | |
| Categoria I classe A: tutte le lamelle con tavole di I scelta; categoria I classe B: 15% di lamelle, per parte (con un minimo di due lamelle per bordo esterno) di I scelta e nucleo centrale di lamelle di II scelta.<br><br>Categoria II tutte le lamelle con tavole di II scelta | | | | | |

Per gli adesivi vale quanto detto nel punto successivo apposito.
Per il controllo della qualità e della costanza della produzione si dovranno eseguire le seguenti prove:
− di delaminazione (norma UNI 391);
− di resistenza a taglio delle superfici di incollaggio (norma UNI 392);
− di controllo degli elementi;
− laminati verticalmente;

– controllo delle sezioni giuntate.
La determinazione della resistenza a taglio e delle proprietà meccaniche perpendicolari alla fibratura e di altre proprietà fisiche e meccaniche saranno effettuate secondo le prescrizioni di cui alle norme UNI EN 1193 ed UNI EN 408.
Gli elementi saranno incollati con adesivi di tipo omologato ai sensi della normativa vigente, e impregnati con trattamento protettivo a base d'acqua.
Tutti gli elementi dovranno essere prodotti da stabilimento in possesso della certificazione di idoneità all'incollaggio di elementi strutturali di grandi luci, di certificazione di conformità CE ai sensi della norma UNI EN 14080, di certificazione ISO 9001, di certificato PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification Schemes) e di attestazione SOA per le categorie OG1 (class. IV), OS6 (class. V), OS32 (class. VI), OS33 (class.III); copia di tali certificazioni dovranno essere fornite alla D.L. prima della posa delle strutture. Gli elementi strutturali dovranno appartenere alla classe di resistenza GL24c o GL28c secondo quanto previsto dai calcoli statici di progetto, redatti secondo le vigenti normative.

Tutti gli incastri ed i giunti dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte. Nel prezzo sono comprese tutte le parti metalliche in acciaio Fe 275 o superiore, necessarie per il collegamento degli elementi in legno e di questi alle strutture in cemento armato o in acciaio quali: viti, bulloni, chiodi, scarpe ed angolari; sono compresi inoltre le strutture portanti per la formazione dei giunti di collegamento tra gli elementi in legno lamellare, mediante carpenteria metallica a scomparsa, intendendo per essa quella costituita da piastre in acciaio, opportunamente inserite negli elementi in legno mediante intagli e fresature, le lavorazioni di tali pezzi dovranno garantire il corretto inserimento della carpenteria metallica prevista a progetto, con adeguata precisione di montaggio ed un adeguato livello di finitura esterna dei pezzi lavorati e le lavorazioni di tali pezzi dovranno essere eseguite per quanto possibile con macchine di taglio a controllo numerico. Tutta la carpenteria metallica dovrà essere adeguatamente protetta contro la corrosione: la zincatura a caldo dovrà essere conforme alla norma UNI EN ISO 1461. Sono comprese anche le strutture necessarie all'irrigidimento e controventatura, le piastre di appoggio in neoprene, il taglio, lo sfrido, il puntuale e scrupoloso rispetto delle normative vigenti in materia antinfortunistica nei cantieri edili e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

**Pannelli di legno compensato**
multistrato: pannelli con struttura simmetrica composta da un numero di fogli di piallaccio (spessore da 2/10 mm a 3 mm) dispari (a partire da 3 strati), in caso di numero pari i due fogli interni dovranno essere disposti paralleli alla fibratura; le direzioni delle fibratura dovranno essere ruotate reciprocamente in modo perpendicolare. Per usi di tipo strutturale dovranno essere utilizzati pannelli di tipo bilanciato spessore minimo 22 mm, con struttura simmetrica composta da almeno 7 fogli di piallaccio. Il compensato multistrato con almeno 5 strati e spessore superiore a 12 mm è denominato multiplex. Le facce esterne dei pannelli potranno anche essere rivestite con fogli di legno pregiato, così da migliorare l'aspetto estetico del manufatto: l'accoppiamento con tali strati di finitura è detto anche impiallacciatura.

**Tabella 10.5** Spessori pannelli compensati multistrati

| **Spessore nominale in mm** | **Numero minimo di strati** |
|---|---|
| 3-4-5-6 | 3 |
| 8-10-12-15 | 5 |
| 18-20-22 | 7 |
| 25-28-30 | 9 |

Per i compensati multistrato e per i paniforti le definizioni, le classificazioni, la composizione, le caratteristiche, i difetti, le dimensioni e gli impieghi saranno contemplati nelle norme UNI vigenti (UNI EN 313). A complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intenderanno forniti con le seguenti caratteristiche:
– tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 5 mm; tolleranze sullo spessore: ± 1 mm; (misurate secondo la norma UNI EN 315);
– umidità non maggiore del 12%.
– grado di incollaggio (da 1 a 10), (misurato secondo UNI EN 314-1 e UNI EN 314-2).

## Art. 11. Pietre naturali e ricostruite

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato: le denominazioni commerciali dovranno essere riferite a campioni, atlanti ecc.; i prodotti di seguito elencati dovranno, qualora non diversamente specificato, rispondere al RD del 16 novembre 1939, nn. 2229-2232, e 3334 alle norme UNI alle norme tecniche del CNR nonché alle raccomandazioni NorMaL vigenti.

**Ardesia**
Roccia metamorfica filiade argilloscista con elevato contenuto di quarzo, facile da dividersi in lastre sottili possiedono elevata scistosità, grana fine e tonte dal grigio al nero. In lastre per copertura dovrà essere di prima scelta e di spessore uniforme: le lastre dovranno essere sonore, di superficie piuttosto rugosa che liscia ed esenti da inclusioni e venature. Elevata resistenza a compressione con carico di rottura di 1500 kg/cm².
**Arenaria**
Roccia sedimentaria clastica composta per cementazione naturale di una sabbia silicea o silicatico. Il cemento potrà essere di natura silicea, argilloso, argilloso-calcareo (macigno), gessoso ma, più frequente sarà quello misto. In funzione della natura di tale cemento ed al tipo di diagenesi subito, le arenarie potranno essere più o meno compatte, forti o friabili; di norma si presentano con giacitura a strati, hanno resistenza alla compressione di 600-1000 kg/cm², peso specifico da 2,5 a 2,7, colore variabile anche all'interno di una stessa formazione: tinta predominante grigio, bruno-giallastro, rossastro, grana fine non lucidabile. Generalmente di facile lavorazione, ed in rapporto alla consistenza, potranno essere impiegate come pietra da taglio, per elementi architettonici, rivestimenti ed anche per pavimentazioni stradali. Alcune varietà sono gelive.
**Calcare**
Roccia sedimentaria o metamorfica costituita prevalentemente, da calcite, ovvero da carbonato di calcio, generalmente con associazione d'impurezze ed altre sostanze che ne modificano le caratteristiche tecniche. La loro formazione potrà essere di due tipi: sedimentaria di deposito chimico (travertini, alabastri calcarei, tufi calcarei o calcareniti ecc.) o alterazione chimica e deposito meccanico, cioè da deposito di prodotti di disgregazione di altre rocce ricimentatesi (conglomerati come brecce a scheletro di pezzatura spigolosa e puddinghe sempre con pezzatura grossa ma a carattere arrotondato); di tipo metamorfica con processo di ricristallizzazione (marmi). I calcari, possiedono, di norma, durezza media (3 Mohs), peso specifico da 1,7 a 2,8 ton/m³; resistenza alla compressione da buona ad ottima, non sono gelivi. I calcari teneri non risultano suscettibili di lucidatura, hanno grana fine ed omogenea; potranno essere utilizzati sia per apparecchi portanti sia per elementi decorativi. I calcari compatti sono, normalmente, lucidabili, avranno struttura microcristallina e proprietà superiore a quelle di marmi.
**Granito (termine commerciale)**
Roccia eruttiva intrusiva composta prevalentemente da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, feldspati, e da scarsi minerali ferrici), compatta, di difficile lavorabilità, manterrà a lungo la lucidatura se esposta all'esterno. La rottura del granito non avverrà per scorrimento dei piani reticolari, ma per reciproco distacco dei grani tra loro. I graniti potranno essere utilizzati per decorazione e per costruzione (grazie alle loro buone caratteristiche meccaniche e di resistenza all'abrasione e al gelo); di colore biancastro, grigiastro, rossastro frequentemente con macchiettature più scure (il colore dipenderà soprattutto dal contenuto di feldspato e di ferro), hanno una composizione chimica acida con abbondanza di silice in percentuale variabile tra il 70% e l'80%. La struttura tipica è granulare olocristallina con cristalli di dimensione variabile da minuti (1-2 mm) a medio grandi (10-20 mm), peso specifico relativamente modesto.
A questa categoria, appartengono:
– i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline, costituite da quarzo, felspati sodico-potassici emiche);
– altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri ecc.);
– le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;
– alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss e serizzi.
**Marmo (termine commerciale)**
Roccia metamorfica le cui rocce originarie sono costituite da calcari di qualsiasi origine ovvero deposito meccanico, di deposito fisico-chimico ed organico. Dal punto di vista geologico per marmo sarà da intendersi un calcare (in genere organogeno) cristallino metamorfosato, di struttura compatta, lucidabile, caratterizzato da una cristallinità rilevabile ad occhio nudo. I marmi potranno essere utilizzati per decorazione e per costruzione, prevalentemente saranno costituiti da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino). A differenza dei calcari compatti microcristallini, i marmi presentano la caratteristica di traslucità che ne determina un maggiore valore estetico. A questa categoria appartengono:
– i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini;
– i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;
– gli alabastri calcarei;
– le serpentine;
– oficalciti.
I marmi dovranno essere soggetti alla lavorazione superficiale e/o le finiture indicate dal progetto, le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze nonché essere esenti da alcun difetto (bucce, vene, lenti, scaglie, peli, nodi, piccole cavità o taroli, macrosità, fessurazioni, inclusioni ecc.).
**Pietra (termine commerciale)**

Roccia compatta e resistente, di natura ed origine varia da impiegarsi sia nelle costruzioni sia nelle decorazioni, di norma non lucidabile. Sotto questa categoria potranno essere classificate rocce di composizione mineralogica svariatissima non inseribili in alcuna classificazione, comunque riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:
– rocce tenere e/o poco compatte, come varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo ecc.), varie rocce piroclastiche (peperini, tufi ecc.);
– occe dure e/o compatte come le pietre a spacco naturali (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie ecc.) e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi ecc.).
Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro, dovranno essere a grana compatta, esenti da piani di sfaldamento, da screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui devono essere soggette, ed avere una efficace adesività alle malte. Dovranno essere, in assoluto, scartate le pietre marnose e quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.
Le caratteristiche fisico-meccaniche delle pietre naturali da impiegare nella costruzione (in relazione sia alla natura della roccia prescelta sia dell'impiego) dovranno corrispondere alle norme di cui ai Regi Decreti 16 novembre 1939, n. 2229 e n. 2232, nonché alle norme UNI vigenti.

**Pietra da taglio**

Oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasi, sonore alla percussione, e di perfetta lavorabilità e/o lucidabilità. Le forme, le dimensioni ed i sistemi di lavorazione dei pezzi, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, verranno man mano indicati dalla D.L. Le lavorazioni da adottare per le pietre da taglio se non diversamente specificato saranno le seguenti:
– a semplice sbozzatura;
– a punta grossa; a punta mezzana; a punta fine;
– a martellina grossa; a martellina fina;
– a bocciarda grossa; a bocciarda media; a bocciarda fine;
– a gradina media; a gradina fine;
– a scalpellino medio; a scalpellino fine.
Le facce delle pietre da taglio, anche se unicamente sbozzate, dovranno venir lavorate sotto regolo, così da non perdere mai sinuosità maggiori di 1 *cm*; le pietre lavorate a punta grossa non dovranno presentare sinuosità maggiori di 5 mm. Nei conci lavorati a punta mezzana ed a punta fina, i letti di posa dovranno essere ridotti a perfetto piano e le facce dovranno presentare spigoli ben vivi e ben rifilati così che le giunture celate non superino la larghezza di 8 mm e quelle in vista di 4 mm. Allorché sia comandata la lavorazione a martellina, le superfici lavorate dovranno essere a "pelle" piana e liscia, senza sinuosità e sporgenze alcuna e le attaccature non dovranno essere superiore ai 2 mm.
Per le opere a "faccia a vista" dovrà essere vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce. Per questo specifico utilizzo dovranno essere utilizzate pietre caratterizzate da una buona resistenza a compressione ed a flessione, capacità di resistenza agli agenti atmosferici ed alle sostanze inquinanti, nonché presentare una buona tenacità (resistenza agli urti).

**Travertino (termine commerciale)**

Roccia sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da impiegare in rivestimenti esterni ed interni, in pavimenti, marcapiani, elementi architettonici in genere; alcune varietà sono lucidabili. È una roccia concrezionata, a struttura microcristallina; la sedimentazione delle concrezioni potrà risultare molto evidenziata da stratificazioni parallele a bande e zonature talvolta anche molto marcate determinate da variazioni di colore e porosità.

**Tabella 11.1** Proprietà fisiche delle pietre naturali

| **Rocce** | **Massa volumica (peso sp. app.) ton/m³** | **Massa volumica appar. (peso in mucchio) ton/ m³** | **Porosità assoluta % del volume** | **Porosità appar. volume %** | **Coefficiente d'imbibizione in peso %** |
|---|---|---|---|---|---|
| a) intrusive | | | | | |
| Granito, Sienite | 2,60-2,80 | 1,3-1,4 | 0,4-1,5 | 0,4-1,4 | 0,2-0,5 |
| Diorire, Gabbro | 2,80-3,00 | 1,4-1,5 | 0,5-1,6 | 0,5-1,5 | 0,2-0,4 |
| b) effusive | | | | | |
| Porfido quarzifero, | 2,55-2,80 | 1,3-1,4 | 0,4-1,8 | 0,4-1,5 | 0,2-0,7 |
| Porfirite, Andesite | | | | | |
| Basalto, Melafiro | 2,95-3,00 | 1,4-1,5 | 0,2-0,9 | 0,3-0,7 | 0,1-0,3 |
| **Rocce** | **Massa volumica (peso sp. app.) ton/m³** | **Massa volumica appar. (peso in mucchio) ton/ m³** | **Porosità assoluta % del volume** | **Porosità appar. volume %** | **Coefficiente d'imbibizione in peso %** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| c) detritiche | | | | | |
| Pomice | 50-1,10 | 0,5-0,9 | 30-70 | 25-60 | 30-70 |
| Tufo vulcanico | 1,80-2,00 | 0,6-1,0 | 20-30 | 12-30 | 6-15 |
| a) clastiche | | | | | |
| Arenaria | 2,60-2,65 | 1,3-1,4 | 0,4-0,2 | 0,4-1,3 | 0,2-0,5 |
| b) organogene | | | | | |
| Calcare tenero, inclusi | 1,70-2,60 | 1,3-1,4 | 0,5-30 | 0,5-25 | 1,0-25 |
| i conglomerati | | | | | |
| Calcare compatto | 2,65-2,85 | 1,3-1,4 | 0,4-2,0 | 0,5-1,8 | 2,0-4,0 |
| c) chimica | | | | | |
| Dolomia | 2,30-2,85 | 1,3-1,4 | 0,4-2,0 | 0,5-1,8 | 2,0-4,0 |
| Travertino | 2,40-2,50 | 1,1-1,2 | 5,0-12 | 4,0-10 | 2,0-5,0 |
| Gneiss | 2,65-3,00 | 1,3-1,5 | 0,4-2,0 | 0,3-1,8 | 0,1-0,6 |
| Scisti (lavagna) | 2,70-2,80 | | 1,6-2,5 | 1,4-1,8 | 0,5-0,6 |
| Marmo | 2,70-2,80 | 1,3-1,4 | 0,5-3,0 | 0,5-2,0 | 0,0-1,0 |
| Quarziti | 2,60-3,65 | 1,3-1,4 | 0,4-2,0 | 0,2-0,6 | 0,2-0,6 |

**Tabella 11.2** Proprietà meccaniche delle pietre naturali

| Rocce | Resistenza a rottura per compressione MPa | Resistenza a rottura per flessione MPa | Modulo di elasticità MPa | Tenacità (rest. all'urto) kgcm/cm2 | Resistenza ad usura (rifer. granito uguale ad 1) |
|---|---|---|---|---|---|
| Granito, Sienite | 157-235 | 10-20 | 49.000-59.000 | 110-120 | 1 |
| Diorire, Gabbro | 167-295 | 10-21 | 78.400-98.000 | 130-180 | 1-1,5 |
| Porfido quarzifero, | 176-295 | 15-20 | 49.000-69.000 | 130-240 | 1-1,5 |
| Porfirite, Andesite | | | | | |
| Basalto, Melafiro | 245-395 | 12-25 | 88.000-118.000 | 160-300 | 1-2 |
| Tufo vulcanico | 5-20 | 0,7 | 9.800-29.500 | --- | --- |
| Arenaria | 120-200 | 4-9 | 30.000-40.000 | 150-260 | |
| Calcare tenero | 20-88 | 5-10 | 29.000-59.000 | 70-110 | 4-9 |
| Calcare compatto | 78-176 | 6-15 | 39.000-69.000 | 70-110 | 4-8 |
| Travertino | 20-60 | 4-10 | 24.500-49.000 | 60-100 | 7-12 |
| Gneiss | 157-275 | --- | 49.000-69.000 | 40-100 | 1-2 |
| Scisti (lavagna) | 30-100 | --- | 19.500-59.000 | 40-80 | 4-8 |
| Marmo | 100-176 | 6-15 | 39.000-69.000 | 70-100 | 4-8 |
| Quarziti | 145-295 | --- | 49.000-69.000 | 110-180 | 1-1,5 |

## Art. 12. Materiali per pavimentazione e rivestimenti

**Generalità**

*Si definiscono prodotti per pavimentazione quelli che potranno essere utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione. Per la realizzazione di integrazioni parziali o totali del sistema di pavimentazione si rinvia all'articolo specifico inerente l'esecuzione delle pavimentazioni.*

I prodotti verranno di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Tutti i prodotti dovranno essere contenuti in appositi imballi ed accompagnati da schede informative. I manufatti, prima della posa, andranno attentamente controllati avendo l'accortezza di mischiare i materiali contenuti in più imballi o appartenenti a lotti diversi.

***Art. 12.1 Piastrelle di ceramica***

Dovranno essere del materiale indicato nel progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, grès, monocottura ecc.) dovranno essere associate alla classificazione basata sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo la norma UNI vigenti

I prodotti di seconda scelta, cioè quelli che risponderanno parzialmente alle norme predette, saranno accettati in base alla rispondenza ai valori previsti dal progetto ed, in mancanza, in base ad accordi tra la D.L. e il fornitore.

In dettaglio le piastrelle potranno essere classificate secondo le seguenti categorie:

a) *prodotti a pasta porosa colorata, terrecotte* e *laterizi* (dovranno rispondere al RD n. 2234 del 16 gennaio 1939): ovverosia "pianelle comuni di argilla", "pianelle pressate ed arrotate di argilla", dovranno presentare una buona massa volumetrica (1800-1900 Kg/m²), essere ben cotti, di tinta forte ed omogenea, costituiti da argille esenti di composti idrosolubili e presentare buona resistenza a compressione e all'usura; dovranno inoltre essere rispettate le seguenti prescrizioni minime: resistenza alla flessione 2,5 N/mm² (3 N/mm² per le pianelle pressate ed arrotate), resistenza a compressione 40 N/mm², porosità 5%, resistenza all'urto 2 Nm; coefficiente di usura al tribometro 15 mm per 1 km di percorso per le pianelle comuni. Dovranno essere forniti nella forma, colore e dimensione così come richiesto dalla Direzione Lavori;
b) *pietrini* e *mattonelle di terracotta greificata*: ovverosia "mattonelle greificate", elementi di prima scelta greificati per tutto lo spessore, inattaccabili da agenti chimici e meccanici, di forma regolare a spigoli vivi e superficie piana. Sottoposti ad un esperimento di assorbimento mediante gocce d'inchiostro, non dovrà verificarsi l'assorbimento del liquido neanche in minima parte. Se non diversamente specificato dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni minime: resistenza alla flessione > 15 N/mm², assorbimento d'acqua non superiore al 15%, resistenza all'urto 2 Nm; coefficiente di usura al tribometro 4 mm per 1 km di percorso, tolleranza dimensionale + 0,5-1 mm, tolleranza sugli spessori del 2%. Si distinguono in:
– *maioliche*, a pasta colorata come i laterizi e le terrecotte, dovranno presentarsi rivestite con smalti bianchi a base di ossido di stagno od altro opacizzante, sopra questo primo strato dovrà essere applicata un'ulteriore decorazione, sovente policroma, dove verranno utilizzati materiali vetrificabili a base di ossidi metallici; le loro masse volumiche dovranno essere comprese tra i 1800 e i 1900 kg/m³;
– *faenze*, simili alle maioliche, dovranno essere a pasta porosa di colore grigiastro, ricoperte con smalti trasparenti od opacizzanti denominati "ingobbi" (faenze ingobbate). Dovranno essere confezionate a temperatura più alta delle terrecotte e si rileveranno meno porose;
c) *prodotti a pasta porosa bianca, terraglie*: ovverosia elementi costituiti da argille plastiche molto povere di ferro costituite principalmente da caolino. Si distinguono in terraglie tenere (cotte fra i 100 e i 1200 °C) e terraglie forti (cotte a circa 1300 °C), nel primo caso l'argilla di base sarà mescolata con quarzo (30%) e calcare (20%) mentre per le terraglie forti la percentuale di quarzo sarà superiore (30-50%) e, al posto del calcare sarà aggiunto felpato (15%). Come per le maioliche e le faenze, le terraglia presenteranno un rivestimento con smalto trasparente o, più di frequente, con vetrine bianche, colorate o dipinte;
d) *prodotti a pasta compatta, grès, grès ceramico, monocotture, clinker* e *porcellane* dovranno essere forniti in cantiere nelle loro confezioni originali e nell'imballo dovrà essere ben leggibile il nome del produttore, la scelta commerciale, il calibro ed il colore, dovranno altresì essere di prima scelta ed essere omogenei, per l'intera fornitura, nel calibro e nel tono del colore. Lo strato di usura ottenuto mediante smaltatura o vetrificatura dovrà presentare le caratteristiche di impermeabilità, durezza, resistenza all'attacco degli agenti chimici e resistenza meccanica così come richiesto per lo specifico utilizzo (interno o esterno, traffico pesante o leggero, contatto con sostanze aggressive ecc.). Questi prodotti, dove richiesto, dovranno essere forniti con pezzi speciali tipo jolly o bordi; se non diversamente specificato dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni minime:
– *piastrelle in grès* spessori di 8-10 mm (piastrelle normali), spessori di 11-18 mm (piastrelle speciali per traffico), tolleranze dimensionali di + 0,4%, resistenza alla flessione non inferiore a 24,5 N/mm², assorbimento d'acqua non superiore al 4% della loro massa, buona resistenza al gelo, indice di resistenza all'abrasione non inferiore allo 0,5, perdita di massa per attacco acido non superiore allo 9% e per attacco basico non superiore al 16%;
– *piastrelle in grès ceramico* spessori di 8-9-11 mm (con tolleranza del 5%), tolleranze dimensionali di + 0,5-1 mm, resistenza alla flessione 34,3 N/mm², assorbimento d'acqua non superiore allo 0,1%, resistenza al gelo, indice di resistenza all'abrasione non inferiore ad 1, perdita di massa per attacco acido non superiore allo 0,05% e per attacco basico non superiore al 15%;
e) *piastrelle colate* (ivi comprese tutte le produzioni artigianali) le caratteristiche rilevanti da misurare ai fini di una qualificazione del materiale dovranno essere le stesse indicate per le piastrelle pressate a secco ed estruse per cui:
– per quanto attiene ai metodi di prova si rimanda alla normativa UNI EN vigente;
– per quanto attiene i limiti di accettazione, tenendo in dovuto conto il parametro relativo all'assorbimento d'acqua, i valori di accettazione per le piastrelle ottenute mediante colatura dovranno essere concordati fra produttore ed acquirente, sulla D.L.
I prodotti dovranno essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, sporcatura ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa ed essere accompagnati da fogli informativi riportanti il nome del fornitore e la rispondenza alle prescrizioni predette.

***Art. 12.2. Marmette, marmittoni e pietrini di cemento***
Le marmette o mattonelle di cemento potranno avere dimensioni da 10x10 cm a 40x40 cm e il loro spessore potrà variare da 18 mm a 32 mm. Si definiranno, più propriamente, *marmette* fino al formato 25x25 cm e

*marmittoni* fino a 40 cm ed oltre. Gli elementi dovranno essere costituiti da uno strato in vista a pavimento finito e da un secondo strato di supporto. Il primo strato dovrà comporsi di un impasto di graniglie (in ragione del 45% non inferiore a 10-25 mm per marmette fino a 20x20 cm) o scaglie di marmo (in ragione del 45% non inferiori a 15-35 e 30-50 mm rispettivamente per i marmittoni da 30x30 e 40x40 cm), polvere di marmo e cemento bianco ad alta resistenza (minimo tipo 42,5). Il legante cementizio potrà essere pigmentato con ossidi colorati anche in armonia con il colore del marmo impiegato. Lo strato di supporto, di spessore doppio di quello superficiale, dovrà costituirsi di malta cementizia. Lo spessore dello strato superficiale non dovrà essere inferiore, in ciascun punto degli elementi, ad un terzo dello spessore degli elementi stessi. Lo spessore complessivo delle marmette e dei marmittoni, misurato dopo la levigatura e lucidatura in opera non dovrà essere in alcun punto inferiore a 22 mm per marmette 20x20 cm; 24 mm per marmette 25x25 cm; 28 mm per marmittoni 30x30 cm e 32 mm per marmittoni 40x40 cm. La superficie a vista potrà essere fornita prelevigata da lucidare in opera o già lucidata e munita di bisellatura.
I pietrini dovranno presentare uno spessore complessivo non inferiore a 30 mm se di tipo carrabile e 20 mm se normale. Lo spessore dello strato superficiale non dovrà risultare inferiore a 10 mm per i pietrini carrabili e da 8 mm per gli altri. La superficie dei pietrini potrà essere richiesta liscia, bocciardata, bugnata o scanalata.
Le marmette, i marmittoni ed i pietrini di cemento, qualora non diversamente specificato dovranno rispondere alle norme di accettazione di cui al RD n. 2234 del 16 novembre 1939 per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro. I pietrini, se carrabili, dovranno rispondere anche alle norme UNI 2623-2629.

***Art. 12.3. Prodotti di metallo***
Dovranno rispondere alle prescrizioni date nella norma UNI 4630 per le lamiere bugnate e nella norma UNI 3151 per le lamiere stirate. Le lamiere dovranno, inoltre, essere esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

## Art. 13 - Colori e vernici

**Generalità**
Dovrà essere fatto obbligo all'appaltatore di utilizzare colori e vernici di recente produzione, che non presentino fenomeni di sedimentazione o di addensamento, gelatinizzazioni o di qualsiasi altro difetto. Dovranno essere forniti in cantiere in recipienti sigillati recanti l'indicazione della ditta produttrice, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e di conservazione del prodotto nonché la data di scadenza. L'appaltatore dovrà aprire i contenitori solo al momento dell'utilizzo ed in presenza della D.L. che avrà l'obbligo di controllarne il contenuto. La stessa D.L. potrà procedere anche a lavori iniziati a ulteriori controlli (anche parziali) su campioni della fornitura. I prodotti, se non diversamente richiesto da indicazioni di progetto e/o prescrizioni della D.L., dovranno essere pronti all'uso (ad eccezione delle eventuali diluizioni previste dalle ditte produttrici seguendo i rapporti indicati o le specifiche prescrizioni della D.L.); dovranno assolvere le funzioni di protezione e/o decorazione, conferire alle superfici l'aspetto previsto dal progetto e mantenere tali proprietà nel tempo.
Per quanto riguarda i prodotti per la tinteggiatura di strutture murarie saranno da utilizzarsi esclusivamente, se non diversamente specificato, prodotti non pellicolanti secondo le definizioni delle UNI 4656 contrassegnate dalla sigla UNI/EDL comprese tra il n. 8752 e il n. 8758 recepite anche dalla raccomandazione NorMaL 04/85e le prove tecnologiche saranno regolate dalle relative norme UNICHIM M.U. (1984) . L'Appaltatore dovrà impiegare diluenti consigliati dal produttore o richiesti dalla D.L. che dovranno possedere le caratteristiche stabilite dalle norme UNICHIM, foglio d'informazione n. 1-1972. Il rapporto di diluizione (tranne che per i prodotti pronti all' uso) sarà fissato in concordanza con la D.L. I leganti dovranno essere formati da sostanze (chimiche o minerali) atte ad assicurare ai prodotti le caratteristiche stabilite, in base alla classe di appartenenza, dalle norme UNI.
I prodotti da utilizzarsi dovranno, in ogni caso, avere ottima penetrabilità, compatibilità con il supporto, garantendogli buona traspirabilità; tali caratteristiche dovranno risultare indiscutibilmente prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.
Secondo la norma UNI/EDL 8752 si intendono con i termini:
– *pittura*: rivestimento riportato filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà protettive e decorative ed eventualmente di proprietà tecniche particolari;
– *tinta* rivestimento riportato non filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà decorative e non necessariamente di proprietà protettive o proprietà tecniche particolari;
– *vernice*: rivestimento riportato filmogeno trasparente, incolore o colorato.
Tutti i prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI e UNICHIM vigenti.

In ogni caso i prodotti da utilizzarsi dovranno avere ottima penetrabilità e compatibilità con il supporto, così da garantire una buona traspirabilità. Tali caratteristiche dovranno risultare prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.
Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura e/o verniciatura di fabbriche, ovvero manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, o su manufatti soggetti ad interventi di conservazione e restauro, sarà obbligo procedere dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi competenti. In questi casi dovrà essere assolutamente vietato utilizzare prodotti a base di resine sintetiche senza una specifica autorizzazione della D.L., ovvero degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

**MODALITA' DI ACCETTAZIONE**
I prodotti saranno valutati al momento della fornitura; l'Appaltatore è tenuto a presentare la scheda tecnica dei prodotti da usarsi. La direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).
Per i prodotti di comune impiego dovranno essere osservate, salvo diverse precisazioni, le seguenti prescrizioni:
a) *olio di lino cotto:* l'olio di lino cotto dovrà essere ben depurato, presentare un colore bruno rossastro perfettamente limpido, un odore forte ed amarissimo al gusto, essere scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima ammessa dovrà essere in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15 °C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93;
b) *acquaragia* (senza essenza di trementina): solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, o come solvente per resine sintetiche. Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e molto volatile. La sua densità a 15 °C dovrà essere di 0,87. È consigliabile il suo uso in ambiente aerato;
c) *bianco di zinco:* il bianco di zinco dovrà presentarsi come polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco, non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più del 1% di altre impurità; l'umidità non dovrà superare il 3%. Dovrà essere utilizzato principalmente nella preparazione di prodotti vernicianti per interni;
d) *bianco di titanio:* biossido di titanio dovrà presentare un ottimo potere coprente e opacizzante, normalmente presente nella quasi totalità dei prodotti vernicianti in tinta bianca;
e) *latte di calce:* il latte di calce dovrà essere ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente grassello di calce fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra. Vi si potrà aggiungere la quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra. Per tinteggi, scialbatura o velature su murature di particolare valore storico- artistico dovrà essere vietato ricavare il latte di calce stemperando calce idrata in polvere.
f) *Colori all'acqua*: Le terre coloranti destinate alle tinte all'acqua saranno finemente macinate e prive di sostanze eterogenee e dovranno venire perfettamente incorporate nell'acqua, ma non per infusione. Potranno essere richieste in qualunque tonalità esistente.
g) *Tinte a calce*: Sono costituite da un emulsione di calce idrata o di grassello di calce in cui vengono stemperati pigmenti inorganici che non reagiscono con l' idrossido di calcio. Per le velature sarà utilizzata tinta fortemente stemperata in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

Per i prodotti, da utilizzarsi si osserveranno le seguenti prescrizioni:
***Art. 13.1 Pigmenti***
Potranno essere definiti pigmenti i materiali (di granulometria molto fine dell'ordine di millesimi di millimetro) che, già colorati di per sé, risulteranno in grado di colorarne altri, se applicati sopra, inglobati o meno in apposite matrici. La natura chimica determinerà le caratteristiche proprie del pigmento; il potere colorante dovrà essere in relazione alla capacità maggiore o minore di un pigmento di conferire colore, mentre il potere coprente dovrà essere in relazione alla capacità di un pigmento di celare il supporto sottostante e dipenderà dalle caratteristiche stesse del pigmento. I pigmenti potranno essere di struttura chimica organica od inorganica (cioè minerale) e di origine naturale o artificiale. Per le superfici architettoniche risulteranno particolarmente adatti i pigmenti inorganici in quanto stabili al contatto con la calce presente nella tinta o nel supporto. I Pigmenti di origine inorganica dovranno essere costituiti in prevalenza da composti dei metalli (ferro, manganese, rame, piombo, cromo ecc.); risulteranno più resistenti agli agenti atmosferici, più coprenti e più economici di quelli organici ma dotati di un minore potere colorante.

a) *Ossidi di ferro*: pigmenti puri ottenuti, attualmente, per via sintetica, stabili alla luce, agli agenti atmosferici, agli acidi, agli alcali alla calce e al cemento. I più comuni sono: ossido di ferro giallo, ossido di ferro rosso, ossido di ferro nero e ossido di ferro bruno. Tali ossidi risulteranno particolarmente indicati per la preparazione di tinte per calce e cemento, per la colorazione in pasta di cementi, calcestruzzi, malte per intonaci e stucchi, per la colorazione di granulati per tegole, asfalti e bitumi. Al fine di ottenere una buona dispersione, salvo diverse specifiche di progetto, l'ossido e gli altri materiali dovranno essere miscelati a secco, aggiungendo solo in seguito la quantità di acqua richiesta. Le percentuali d'uso potranno variare secondo l'intensità di tinta che si vorrà ottenere e al potere coprente dl materiale in cui verranno miscelati, in ogni caso, salvo diverse specifiche, la percentuale non dovrà mai essere superiore al 10% in peso sulla massa.
b) *Terre naturali*: pigmenti che si rintracciano in natura con qualità specifiche di terrosità e finezza tali da essere impiegati come sostanze coloranti. Le terre coloranti dovranno contenere ossidi minerali di origine naturale, in mescolanze e percentuali variabili a seconda dei tipi (mediamente 20-40%, non saranno, in ogni caso, utilizzabili i depositi minerali che contengano ossidi in percentuale inferiore al 10%); le terre dovranno comporsi di un composto del ferro, un ossido, un idrossido, un silicato idrato. Le uniche terre che non sono a base di ferro sono le terre nere. La lavorazione delle terre coloranti, dopo che sono state estratte e asciugate si diversificherà a seconda della specifica tipologia; alcune verranno sbriciolate grossolanamente, separate dall'impurità e poi nuovamente macinate più o meno finemente (terre naturali) altre invece, cotte a temperature intorno ai 200-400 °C (terre bruciate): in questo modo si produrranno profonde alterazioni mineralogiche che daranno vita a differenti tonalità di colore. Le terre più comuni sono: terre gialle: idrossidi di ferro associati ad argille, il contenuto di minerali di ferro potrà variare tra il 15-20% e il 60-70%. Terre rosse il cui colore è imputabile alla presenza d'ossido rosso associato ad argille e silicati amorfi; la terra rossa si può, anche, ottenere dalla calcinazione a basse temperature (200-400 °C) di terre gialle. Il colore delle terre d'ombra è dovuto, invece, alla presenza di ossidi di manganese e di ferro dispersi su base argillosa; per calcinazione si potranno ottenere tonalità più scure. Caratteristiche chimico-fisiche medie delle terre coloranti: peso specifico assoluto 4-5 gr/ml; massa volumica apparente 400-800 gr/lt; pH 3,5-6; ottima stabilità chimica alla luce, alla calce, all'umidità; insolubili sia in acqua sia in solventi inorganici.

**Tabella 13.1** Pigmenti più utilizzati

| **Colore** | **Tipo di pigmento** |
|---|---|
| Bianco | Latte di calce, Bianco San Giovanni, Bianco Spagna, Bianco Meudon, Bianco Zinco |
| Nero | Terra Nera Venezia, Nero Vite, Nero Manganese, Nero Roma |
| Bruno | Terra d'Ombra Naturale e Bruciata, Terra Colonia, Ocra Avana, Terra di Cipro |
| Giallo | Terre Gialle e Ocre Gialle, Terra Siena Naturale, Ocra Gialla |
| Rosso | Terra Rossa, Terra Siena Bruciata, Ocra Rossa, Cinabro Naturale, Rosso Ercolano |
| Verde | Terra Verde Nicosia, Verde Brentonico, Ossido di Cromo, Verde Cobalto |
| Azzurro | Azzurro di Cobalto, Blu Oltremare |

***Art. 13.2 Tinte***

**Tinte alla calce**

Dovranno costituirsi di un'emulsione di calce idrata in fiore o di grassello di calce in cui verranno stemperati pigmenti inorganici naturali a base di terre coloranti, carbonati ed ossidi di ferro l'indurimento e la stabilizzazione della tinta avverrà mediante reazione con anidride carbonica dell'aria che produrrà, con la simultanea cessione di acqua, un calcare similmente a quanto avviene per gli intonaci di calce area. Per ottenere un'omogenea dispersione dei colori i pigmenti (precedentemente calibrati sulla tinta voluta) dovranno essere prima miscelati a secco e poi, preventivamente, messi in bagno in una quantità d'acqua pari a circa il doppio del loro volume, lasciandoli riposare per ore. I pigmenti, prima di aggiungerli al latte di calce dovranno obbligatoriamente essere passati attraverso un setaccio, in modo da eliminare eventuali grumi. L'aderenza alle malte potrà essere migliorata con additivi quali colle artificiali, animali e vegetali o con limitate quantità di resina acrilica in emulsione acquosa (massimo 5-10%). I suddetti additivi, ovvieranno a difetti come il dilavamento e lo spolverio, aumentando la durata e la resistenza della calce in presenza di inquinamento atmosferico.
Le tinte alla calce potranno essere applicate anche su pareti intonacate di fresco; in questo caso come pigmenti dovranno essere utilizzate terre naturali passate al setaccio. Per interventi conservativi si potrà ricorrere a velature di tinte a calce fortemente stemperate in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

**Tinte ai silicati**

Dovranno costituirsi di un legante a base di silicato di potassio, di un silicato di sodio o da una miscela di entrambi gli elementi e da pigmenti esclusivamente inorganici (per lo più ossidi di ferro) trattati in maniera da

essere stabili all'acidità ambientale. La tinta ai silicati potrà essere stesa, in linea generale, su qualunque tipo di supporto (escluso il gesso in ogni sua forma, intonaco, cartongesso ecc.), purché questo si presenti asciutto e accuratamente spolverato e a patto che si dispongano, a seconda della natura e dello stato di conservazione dello stesso, differenti ed idonei trattamenti preliminari. Per ovviare ai problemi di applicazione legati ai sistemi di coloritura ai silicati non stabilizzati sarà consigliabile l'utilizzo di tinte costituite da silicato di potassio in soluzione stabilizzato ed idrofobizzato. Queste tinte si differenzieranno da quelle tradizionali in quanto conterranno, oltre all'agente silicato di potassio legante, una dispersione sintetica resistente agli alcali, cariche, additivi reologici e antibiodeteriogeni; la quantità totale di sostanze organiche potrà raggiungere al massimo il 5% del peso, con riferimento al peso totale del prodotto finito. La dispersione sintetica contenuta in queste tinte organosilicatiche non darà vita a pellicola e perciò non sarà considerata agente legante. La dispersione sintetica avrà soltanto una funzione reologica e protettiva subito dopo l'applicazione della tinta fino a che la "silicificazione" non progredisce in modo sufficiente. Sovente in questa seconda tipologia di tinta ai silicati non si fa uso di pigmenti bianchi (con elevato potere coprente) di conseguenza risultando semitrasparenti potranno rilevarsi valide alternative alla tinta alla calce specialmente in ambienti esterni particolarmente aggressivi sia dal punto di vista climatico che atmosferico.
Nel caso in cui non si aggiungano i pigmenti queste miscele acquose (massima diluizione 50%) di silicati di potassio in soluzione stabilizzati ed idrofobizzati potranno rilevarsi buoni prodotti impregnanti con funzioni di consolidamento e protezione specialmente per intonaci e laterizi. Di norma il tempo di essiccamento superficiale o al tatto (a +20 °C e 65% di UR) sarà di circa 2 ore, mentre ne occorreranno 24 per l'essiccamento in profondità.
Il legame chimico che si istituirà tra tinta ed intonaco sottostante è stabile, la tintura non risulterà soggetta a degradi di sfogliamento anzi, agirà da consolidamento del supporto. Le caratteristiche che dovranno possedere tali tinte saranno:
– ottima adesione al supporto;
– buona permeabilità al vapore;
– resistenza all'acqua;
– resistenza ai raggi ultravioletti;
– resistenza alle muffe;
– invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale.
Le suddette tinte dovranno essere applicate a temperatura minima +8 °C massima +35 °C; umidità relativa dell'ambiente massima 85% e temperatura del supporto minima +5 °C massima +40 °C.

***Art. 13.3 Pitture***
Le pitture dovranno di norma, costituirsi da un pigmento, un veicolo o legante, un diluente e un seccante. In taluni casi, al composto, potrà essere aggiunto un antifermentativo o degli antimuffa. Il pigmento dovrà essere, generalmente, di origine inorganica o artificiale. Il potere coprente richiesto alle pitture sarà determinato dal pigmento e dalle cariche.
**Pitture a colla o tempera**
Dovranno costituirsi di sospensioni acquose di pigmenti, cariche (calce, gesso, carbonato di calcio finemente polverizzati), e leganti a base di colle naturali (caseina, colla di pesce, latte, colla di farina ecc.) o sintetiche (colle viniliche, acriliche o di altro tipo di sintesi). Dovranno essere, preferibilmente, utilizzate su pareti interne intonacate perfettamente asciutte. In relazione alle modalità realizzativi questa pittura potrà essere suddivisa in tre tipi: quella che si ottiene "stemperando" i colori in acqua e aggiungendo in un secondo momento il legante (ovvero la colla); quella che si ottiene tinteggiando con pigmenti precedentemente stemperati in acqua e poi a soluzione asciutta vaporizzando soluzioni molto diluite di colla e quella ottenuta dalla stesura della miscela ottenuta dall'impasto unico di colla colori ed acqua.
Il prodotto utilizzato, in ogni caso, dovrà possedere buona adesività al fine di eliminare lo scrostamento al contatto, buon potere coprente permettere sia la sovrapposizione dei colori sia, gli eventuali ritocchi, buona resistenza all'azione dell'acqua e dell'umidità, soprattutto se estesa all'esterno, brillantezza di colore e resistenza nel tempo.
**Pitture ad olio**
Potranno comporsi di oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti. Rispetto alla tinteggiatura a tempera, dovrà presentare una maggiore elasticità e quindi capacità di seguire le eventuali deformazioni del fondo e presentare, inoltre, notevole impermeabilità e capacità di ritocco senza che i colori si mescolino tra loro in modo incontrollabile. Dovranno possedere un alto potere coprente, risultare resistenti all'azione degradante dell'atmosfera, delle piogge acide, dei raggi ultravioletti.
**Pitture cementizie**
Si comporranno di sospensioni acquose di cementi bianchi, resine acriliche in emulsione, cariche micronizzate, pigmenti inorganici ed additivi chimici (antialga e antimuffa) in polvere. Dovranno essere preparate in piccoli quantitativi a causa del velocissimo tempo di presa. L'applicazione dovrà concludersi entro 30 minuti dalla preparazione, prima che avvenga la fase di indurimento. Terminata tale fase sarà fatto divieto diluirle in

acqua per eventuali riutilizzi. Il film essiccato di queste pitture, presenterà una bassa porosità che lo renderà particolarmente indicato per il trattamento e la protezione di strutture in cemento armato, dall'azione aggressiva dell'anidride carbonica. Inoltre il suo basso assorbimento d'acqua permette di preservare i supporti dall'azione di usura dovuta all'azione di "gelo-disgelo". Il tipo di finitura satinata permetterà di uniformare l'aspetto cromatico di getti non omogenei di calcestruzzo senza coprirne il disegno. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di fabbriche come manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, ovvero su manufatti sottoposti ad interventi di conservazione e restauro, l'utilizzo di pitture cementizie dovrà essere vietato.

**Pitture emulsionate**

Emulsioni o dispersioni acquose che si costituiranno di pigmenti organici o inorganici, di cariche (carbonati di calcio, silicati di alluminio, polveri di quarzo ecc.) e da additivi sospesi in una resina sintetica (acrilica o acetoviniliche-versatiche). Poste in commercio come paste dense, da diluirsi in acqua al momento dell'impiego, dovranno essere in grado di realizzare sia forti spessori sia film sottilissimi. Potranno essere utilizzate su superfici interne ed esterne, in questo ultimo caso dovranno possedere una spiccata resistenza all'attacco fisico-chimico operato dagli agenti inquinanti. Queste pitture dovranno risultare impermeabili ed il loro degrado avverrà per filmazione od spogliamento-spellatura. Dovranno essere applicate con maestria e possedere colorazione uniforme. Potranno essere applicate anche su calcestruzzi, legno, cartone ed altri materiali. Non dovranno mai essere applicate su strati preesistenti di tinteggiatura, pittura o vernice non perfettamente aderenti al supporto.

**Idropittura (pittura all'acqua, pitture lavabili) a base di copolimeri acrilici**

Pitture in cui il legante dovrà essere costituito da una dispersione acquosa di resine sintetiche (soprattutto copolimeri acrilici) con pigmenti che potranno essere organici ad alto potere coprente o inorganici (ad es., farina di quarzo, caolino, biossido di titanio ecc.) comunque molto coprenti con l'aggiunta di additivi reologici ed antimuffa. Questo consentirà di dare luogo a coloriture "piatte" con un effetto "cartonato". Le cariche dovranno essere costituite da materiali inerti, stabili rispetto all'acidità degli ambienti inquinanti. Le caratteristiche principali di questa pittura saranno: aspetto opaco-serico, ottima adesione al supporto, insaponificabile, ottimo potere riempitivo, resistenza agli alcali ed agli agenti aggressivi dell'inquinamento, resistenza all'attacco di funghi, muffe e batteri, superlavabile (resiste ad oltre 500 cicli di spazzola), eccellente stabilità di tonalità delle tinte e non ingiallente, resistenza ai raggi ultravioletti. Questo tipo di pittura risulterà idonea su intonaco civile di malta bastarda, cementizia o equivalente, intonaco a gesso, nuovo o già rivestito con altre pitturazioni (previa preparazione con pulizia ed applicazione di idoneo fissativo uniformante e/o consolidante), elementi prefabbricati in conglomerati cementizi a superficie compatta, uniforme e piana, legno truciolare. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di manufatti di chiaro interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere vietato l'utilizzo di idropitture acriliche.

**Boiacca passivante**

Boiacca passivante anticarbonatante, pennellabile per la protezione dell'armatura di strutture in cemento armato normalmente caratterizzata da colori vivaci (arancio, azzurro, verde ecc.). Il prodotto potrà essere monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua (quantità variabile tra 0,3 e 0,5 l/kg), o bicomponente (A = miscela di cemento o leganti idraulici ad elevata resistenza, polveri silicee con idonea curva granulometrica, inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); in ogni caso le caratteristiche minime della boiacca dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco.

Lo strato minimo di protezione di tale pittura dovrà essere di almeno 1 mm.

### *Art. 13.4 Vernici*

Per vernice dovranno intendersi tutti gli impregnanti, i consolidanti e gli idrorepellenti; in genere utilizzati su legno, pietre naturali, cemento armato a vista, intonaci e su altri supporti murari quando si vorrà aumentarne la consistenza l'impermeabilità o l'idrorepellenza. I prodotti vernicianti dovranno essere classificati in rivestimenti incorporati (impregnanti superficiali: idrorepellenti, consolidanti, mordenti e primer per supporti in legno, conglomerati legati con calce e/o cemento come intonaci cementi decorativi e calcestruzzi) e rivestimenti riportati (smalti, flatting, "pitture").

**Vernici naturali e sintetiche**

Le vernici dovranno creare una pellicola trasparente, lucida od opaca. Di norma si otterranno per sospensioni di pigmenti e delle cariche (talco, quarzo, caolino ecc.) in soluzioni organiche di resine naturali (coppale, colofonia, trementina benzoino, mastice ecc.) o sintetiche, (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, clorovinilliche, epossidiche, poliuretani, poliesteri, fenoliche, siliconiche ecc.). La percentuale di veicolo (legante + solvente) dovrà di norma essere pari al 50%, nel caso di verniciature per esterno, la composizione dovrà essere: 40%

di pigmento e 60% di veicolo caratterizzato da resistenze particolari agli agenti atmosferici ed agli agenti alcalini.
Le vernici per gli interni dovranno essere a base di essenza di trementina e gomme pure di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante. Dovrà essere fatto divieto l'impiego di gomme prodotte da distillazione.
Di norma le vernici essiccheranno con rapidità formando pellicole molto dure. Dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, alla luce ed agli urti; essere utilizzate dietro precise indicazioni della D.L. che dovrà verificarne lo stato di conservazione una volta aperti i recipienti originali.

**Smalti**

Prodotti di natura vetrosa composti da silicati alcalini: alluminio, piombo, quarzo, ossido di zinco, minio ecc.; si utilizzeranno per eliminare la porosità superficiale della ceramica e/o per decorarla. All'interno di questa categoria rientreranno anche gli smalti sintetici: miscele di resine termoindurenti sciolte in acquaragia insieme ai pigmenti; queste sostanze dovranno possedere forte potere coprente, avere le caratteristica di essiccare in poche ore (intorno alle 6 ore), facilità di applicazione, luminosità e resistere agli urti per diversi anni anche all'esterno.

**Vernice antiruggine e anticorrosive**

Dovranno essere rapportate al tipo di materiale da proteggere ed alle condizioni ambientali. Il tipo di vernice da impiegare su ferro e sue leghe dovrà essere indicato dalla D.L., se non diversamente specificato si intenderà a base di resine gliceroftaliche a caucciù clorurato, plastificanti in saponificabili e pigmenti inibitori della corrosione, fosfato basico di zinco ed ossido di ferro rosso. La vernice dovrà risultare sovraverniciabile (entro sei-otto giorni dall'applicazione) con pitture a smalto oleosintetiche, sintetiche e al clorocaucciù. L'applicazione di tale vernice potrà avvenire sia a pennello (consigliata) sia a rullo, in entrambi i casi lo spessore minimo di pellicola secca per strato dovrà essere di 25 mm, ottenibile da pellicola umida di 70-80 mm mentre lo spessore massimo sarà di 40 mm, ottenibile da pellicola umida di 110-120 mm.

## Art. 14. Additivi

Gli additivi per malte e calcestruzzi dovranno essere sostanze chimiche che, aggiunte in dosi calibrate, risulteranno capaci di modificarne le proprietà (lavorabilità, impermeabilità, resistenza, durabilità, adesione ecc.). Dovranno essere forniti in recipienti sigillati con indicati il nome del produttore, la data di produzione, le modalità di impiego. Gli additivi dovranno, inoltre, possedere caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle rispettive norme UNI (UNI 7101, UNI EN 480/2-10) e dal DM 26 marzo 1980. Gli additivi per iniezione sono classificati dalla norma UNI EN 934-4/2001.
Gli additivi sono classificati in funzione alle loro proprietà:
a) *fluidificanti*: (norma UNI 7102, 7102 FA 94-80) migliorano la lavorabilità dell'impasto, tensioattivi in grado di abbassare le forze di attrazione tra le particelle della miscela, diminuendo, in questo modo, l'attrito nella fase di miscelazione e di conseguenza la quantità d'acqua (riduzione rapporto. acqua-cemento del 5%) vengono denominati anche riduttori d'acqua. I fluidificanti potranno essere miscelati tra loro in svariati modi (ad es. fluidificanti-aeranti UNI 7106, 7106 FA 96-80, fluidificanti-ritardanti UNI 7107, 7107 FA 97-80, fluidificanti-acceleranti UNI 7108, 7108 FA 98-80);
b) *superfluidificanti*: (norma UNI 8145, 8145 FA 124-83) permettono un'ulteriore diminuzione dell'acqua nell'impasto rispetto ai fluidificanti normali, rapporto di riduzione acqua-cemento fino al 20-40%. Sono, in genere, costituiti da miscele di polimeri di sintesi mischiati con altre sostanze come la formaldeide.
c) *porogeni-aeranti*: (norma UNI 7103, 7106 FA 96-80) in grado di creare micro e macro bolle d'aria ad elevata stabilità all'interno della massa legante 0,30-0,60 kg per 100 kg di legante saranno sufficienti per ottenere un'introduzione di aria del 4-6% (limite massimo di volume di vuoto per calcestruzzi al fine di mantenere le resistenze meccaniche entro valori accettabili); per rinzaffi ed arricci di intonaci macroporosi deumidificanti la percentuale d'aria dovrà salire fino al 30-40%. Questo tipo di additivo risulterà in grado di facilitare, prima della presa, la lavorabilità nonché evitare la tendenza alla essudazione ovverosia il processo di sedimentazione della malta fresca nel periodo precedente all'indurimento. Il limite di questo additivo risiede nel progressivo riempimento delle microbolle con materiali di idratazione;
d) *acceleranti*: (norma UNI 7105) agiscono sull'idratazione aumentandone la velocità, si distingueranno in acceleranti di presa ed acceleranti di indurimento. I più comuni sono costituii da silicato o carbonato di sodio e/o di potassio, cloruro di calcio (additivo antigelo uni 7109);
e) *ritardanti*: (norma UNI 7104, 7104 FA 95-80) loro scopo è ritardare l'idratazione quindi la presa al fine di consentire un tempo più lungo di lavorabilità, potranno essere di origine organica e inorganica;
f) *plastificanti*: sostanze solide allo stato di polvere sottile di pari finezza di quella del legante, miglioreranno la viscosità, la stabilità e l'omogeneità dell'impasto aumentando la coesione tra i vari componenti e diminuendo lo spurgo dell'acqua;
g) *espansivi*: (norma UNI 8146-8149) gli agenti espansivi comprendono un ampio ventaglio di prodotti preconfezionati (prevalentemente di natura organica) che, pur non essendo propriamente additivi potranno,

in qualche misura rientrare ugualmente nella categoria. La caratteristiche principale e quella di essere esenti da ritiro.
Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire controlli (anche parziali) su campioni di fornitura od accettare l'attestazione di conformità alle norme secondo i criteri sopra stabiliti.

## Art. 15. Materiali diversi (sigillanti, adesivi, geo-tessuti, tessuti-non-tessuti)

I prodotti del presente articolo, dovranno essere considerati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.
**Sigillanti**
La categoria dei sigillanti comprenderà i prodotti impiegati per colmare, in forma continua e durevole, i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua ecc. Oltre a quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i sigillanti dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:
– compatibilità chimica con il supporto sul quale verranno applicati;
– diagramma forza-deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
– durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intese come decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche tali da non pregiudicarne la sua funzionalità;
– durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.
Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà comprovato allorché il prodotto risponderà agli elaborati di progetto od alle norme UNI 9611, UNI EN ISO 9047, UNI EN ISO 10563, UNI EN ISO 10590, UNI EN ISO 10591, UNI EN ISO 11431, UNI EN ISO 11432, UNI EN 28339, UNI EN 28340, UNI EN 28394, UNI EN 29046, UNI EN 29048 e/o in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si farà rimando ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

**Adesivi**
La categoria degli adesivi comprenderà i prodotti utilizzati per ancorare un elemento ad uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche ecc. dovute alle condizioni ambientali ed alla destinazione d'uso. Saranno inclusi in questa categoria gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso ecc.); non saranno, invece, inclusi fuori gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti. Oltre a quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, gli adesivi dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:
– compatibilità chimica con il supporto sul quale si applicheranno;
– durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intesa come decadimento delle caratteristiche meccaniche tale da non pregiudicare la loro funzionalità;
– durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
– caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.
Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà comprovato quando il prodotto risponderà alle seguenti norme UNI:
– UNI EN 1372, UNI EN 1373, UNI EN 1841, UNI EN 1902, UNI EN 1903, in caso di adesivi per rivestimenti di pavimentazioni e di pareti;
– UNI EN 1323, UNI EN 1324, UNI EN 1346, UNI EN 1347, UNI EN 1348, in caso di adesivi per piastrelle;
– UNI EN 1799 in caso di adesivi per strutture di calcestruzzo.
In alternativa, ovvero in aggiunta il soddisfacimento delle prescrizioni predette, si intenderà attestato allorché il prodotto risulterà in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza dovrà essere fatto riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

**Geo-tessuti**
La categoria dei geo-tessuti comprenderà i prodotti, ottenuti dalla combinazione di fibre di poliestrere e caratterizzati da una forte resistenza alla trazione, di norma utilizzati per costituire strati filtranti, di separazione (interfaccia tra strati archeologici e strati di materiale di riporto), contenimento, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, rinterri di scavi ecc.) ed in coperture ovvero per foderature. Si distingueranno in:
– tessuti (UNI sperimentale 8986): stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);

– non tessuti (UNI 8279): feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si avranno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.
Salvo diverse specifiche presenti negli elaborati di progetto, ovvero negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intenderanno forniti se risponderanno alle seguenti caratteristiche:
– tolleranze sulla lunghezza e larghezza: ± 1%;
– spessore: ± 3%;
– resistenza a trazione (non tessuti: UNI 8279-4);
– resistenza a lacerazione (non tessuti: UNI 8279-9; tessuti 7275);
– resistenza a perforazione con la sfera (non tessuti: UNI 8279-11; tessuti: UNI 5421);
– assorbimento dei liquidi (non tessuti: UNI 8279-5);
– ascensione capillare . (non tessuti: UNI 8279-7);
– variazione dimensionale a caldo (non tessuti: UNI 8279-12);
– permeabilità all'aria (non tessuti: UNI 8279-3);

*Nota per il compilatore: completare l'elenco e/o eliminare le caratteristiche superflue. Indicare i valori di accettazione ed i metodi di controllo per ogni singola tipologia di geotessuto facendo riferimento alle norme UNI e/o CNR esistenti ed in loro mancanza a quelle della letteratura tecnica (in primo luogo le norme internazionali ed estere).*

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà confermato allorché il prodotto risponderà alle norme UNI sopra indicate ovvero sarà in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza dovrà essere fatto riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.
Dovrà, inoltre, essere sempre specificata la natura del polimero costituente (poliestere, polipropilene, poliammide ecc.).
Per i non tessuti dovrà essere precisato:
– se sono costituiti da filamento continuo o da fiocco;
– se il trattamento legante è meccanico, chimico o termico;
– il peso unitario.

**Tessuti-non-tessuti**

Prodotti composti da sottili filamenti di Polipropilene stabilizzato ai raggi U.V., saldati tra loro per termo-pressione. Si presenteranno come teli non tessuti, ma formati da una massa disordinata molto morbida e resistente, traspirante e alcuni potranno essere dotati di una buona permeabilità all'acqua. Nelle grammature medio basse (15-30 g/m²) potranno essere utilizzati per protezione a contatto di reperti mobili.

## Art. 16 - Solventi

La scelta del solvente rappresenta di norma un compromesso tra esigenze diverse: potere solvente, stabilità, non corrosività, tossicità ed infiammabilità. Considerando i parametri di solubilità (ovvero fs forze di dispersione, fp forze polari e fh forze di legame a Idrogeno) dei solventi organici sarà consigliabile sostituire un solvente organico con un altro solvente o una miscela di solventi la cui terna di parametri di solubilità sia analoga a quella del solvente da sostituire specialmente se questo ultimo si rileva molto tossico. L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi, e maggiore sicurezza per l'operatore.
Per utilizzare, manipolare e/o conservare i suddetti prodotti si dovrà, obbligatoriamente, fare riferimento a quanto indicato sulle relative etichette e schede di sicurezza. I prodotti dovranno, inoltre, essere ad esclusivo uso di personale professionalmente qualificato. In ogni caso dovranno sempre essere utilizzati i dpi (dispositivi di sicurezza individuali) adeguati a protezione della pelle, degli occhi, del viso e delle vie respiratorie.
I solventi potranno essere suddivisi in due sottocategorie ovvero: solventi polari e solventi apolari.
– Acetato di amile solvente polare aprotico, penetrante volatile a media ritenzione. Ottimo per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità +25 °C.
– Acetato di butile solvente polare aprotico, penetrante volatile a bassa ritenzione. Molto efficace per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità +22 °C.
– Acido acetico liquido incolore di odore pungente, miscelabile con acqua. In forma concentrata (a titolo superiore al 99%) e detto acido acetico glaciale (congela a temperatura ambiente) solvente a pH acido utilizzabile per la pulitura di patine carbonatiche o per la pulitura di superfici affrescate. $T_f$ = 16,6 °C; $T_{eb}$ = +118,1 °C.
– Acetato di etile solvente polare aprotico, penetrante volatile a bassa ritenzione di odore gradevole e caratteristico. Ottimo per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità –3 °C.

– Acetone anidrite solvente polare, volatile atossico utilizzabile sia per la rimozione di olii, cere, grassi, resine naturali e sintetiche, inchiostri e per diluizione di vernici e prodotti a base di resine sintetiche protettive e/o consolidanti. Presenta un ottimo potere solvente, miscibile con molti liquidi può essere impiegato come solvente intermediario. $T_f = –94$ °C; $T_{eb} = +56,5$ °C; $V_e$ (relativa all'etere) = 1,9; $d_s = 10,0$.
– Acqua ragia minerale solvente apolare utilizzato come diluente di altri solventi o di vernici ovvero come solvente per resine. La versione dearomatizzato presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarlo in ambiente areato.
– Alcool benzilico solvente a moderata tossicità, attivo per la rimozione di resine naturali e sintetiche, nonché per alcune sostanze di natura proteica. Valida alterativa alla dimetilformammide.
– Alcool butilico solvente polare protico, non molto volatile, a media ritenzione e media penetrazione. Buon potere solvente verso grassi, olii, resine naturali, comprese coppali e gommalacca.
– Alcool etilico denaturato 99% (Etanolo) solvente polare protico atossico risulta infiammabile, volatile e miscibile con acqua, acetone, etere usato efficace per la rimozione di resine naturali, comprese coppali e gommalacca.
$T_f = –117$ °C; $T_{eb} = +78,3$ °C; $V_e$ (relativa all'etere) = 7; $d_s = 12,7$.
– Alcool isopropilico solvente polare protico atossico impiegabile per la diluizione di reattivi, protettivi e consolidanti.
– Benzina rettificata 100/140 solvente idrocarburico apolare mediamente volatile utilizzato per la rimozione di cere, paraffina, bitumi e grassi. Per benzina si intende miscele di idrocarburi saturi o limitatamene insaturi, più o meno ramificati, che si raccolgono nelle frazioni basso bollenti del petrolio (da 30 a 200 °C).
– Cloroformio liquido limpido, incolore, volatile di odore etereo, tossico. Ottimo solvente per oli, resine e grassi. Come tutti i solventi clorurati deve essere protetto dalla luce del sole. Data la sua tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato. $T_{eb} = +61,3$ °C; $V_e$ (relativa all'etere) = 2,2; $d_s = 9,3$
– Cloruro di metilene solvente apolare volatile presenta una forte azione su materiali grassi, media azione su resine naturali. Al fine di diminuire la volatilità può essere impiegato in miscela con materiali addensanti.
– Diacetone alcool solvente incolore, inodore, mediamente polare tossico miscibile con acqua, presenta un punto di ebollizione elevato ed un buon potere solvente nei confronti di resine e alcune sostanze proteiche e polisaccaridiche. Data la sua tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato.
– Diluente nitro antinebbia miscela di vari solventi (toluene, acetone, dicloropropano, alcool isopropilico) alcuni tossici a polarità media a rapida evaporazione, possiede un buon potere solvente per vernici nitro e sintetiche in generale, olii ed alcuni materiali proteici.
– Dimetilformammide solvente polare aprotico altamente tossica, di odore sgradevole, miscibile con acqua, esteri, alcoli, etere, chetoni, idrocarburi aromatici e clorurati. Solvente indicato per moltissimi polimeri fra cui, resine epossidiche, poliuretaniche, e viniliche. Data la sua alta tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato adottando le massime precauzioni di manipolazione ed aerazione.
– Esano denaturato idrocarburo alifatico di odore leggero, volatile. Ottimo solvente per cere, grassi, vernici.
$T_f = –95$ °C; $T_{eb} = +69$ °C.
– Essenza di petrolio solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, come solvente per resine o per saturare, temporaneamente, un colore. Non lascia residui evaporando. La versione dearomatizzato presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarlo in ambiente areato.
– Essenza di trementina solvente apolare, incolore la versione rettificata debolmente giallo la versione pura, di odore caratteristico, efficace sia come diluente per colori ad olio sia per la rimozione di vernici, grassi e parzialmente cere e paraffine.
– Etere etilico composto organico ottenuto per disidratazione dell'alcool etilico con acido solforico. Liquido incolore, di odore pungente, pochissimo miscelabile con acqua miscibile con solventi organici molto volatile e molto infiammabile. Utilizzabile come solvente per grassi, resine, cere e gomme. $T_f = –116$ °C; $T_{eb} = +34,6$ °C.
– Etil laccato solvente ottimo per la diluizione e la rimozione di colori e vernici. Utilizzabile come ottima alternativa al più tossico xilolo nella pulitura di superfici policrome.
– Limonane solvente polare atossico con elevato potere sgrassante, utilizzabile in percentuale opportuna insieme ad altri così da ottenere miscele di polarità calcolata, ad es. come alternativa al diluente nitro o la clorotene.
– Ligroina solvente idrocarburico apolare impiegato tal quale o come diluente per altri solventi e per la pulitura di manufatti policromi. Valida alternativa all'essenza di petrolio.
– Meilpirrolidone solvente ammidico penetrante, mediamente polare, nocivo, solvente molto forte per vernici, polimeri acrilici e resine; miscibile con essenza di petrolio, white spirit, alcool etilico. Solubile in acqua si rileva un ottimo sostituito della dimetilformammide.
– Metiletilchetone solvente polare aprotico penetrante, incolore con odore caratteristico (simile all'acetone). Omologo superiore all'acetone presenta, rispetto a quest'ultimo, una minore volatilità. Impiegabile per la

rimozione o la diluizione di olii, cere, resine naturali e sintetiche (epossidiche, fenoliche, acriliche ecc.), inchiostri. $d_s = 9,3$.
– Toluene, Toluolo solvente apolare, di odore caratteristico (simile al benzene) ottimo per la rimozione di resine naturali fresche, resine sintetiche, olii, grassi, cere e paraffine. Esente da benzene, contiene il 10% di dicloropropano. $T_{eb} = +110,6$ °C; $V_e$ (relativa all'etere) = 4,5; $d_s = 8,9$.
– Tributilsolfato liquido leggero, incolore, inodore, stabile. Impiagato come agente bagnate prima dell'iniezione delle malte per affreschi ed intonaci murali, può essere impiegato anche come coadiuvante per la macinazione dei pigmenti e per facilitare la dispersione degli stessi in acqua. Miscibile con la maggior parte dei solventi e diluenti si rileva un buon solvente per lacche, resine viniliche ed inchiostri. È inoltre un sequestratore per solfati, 1 ml si scioglie in circa 165 ml di acqua.
– Tricloroetano liquido limpido, incolore, di odore etereo caratteristico. Solvente non infiammabile ottimo per oli, grassi, cere e resine sia naturali che artificiali. È moderatamente volatile e offre scarsi fenomeni di ritenzione.
– Tricloroetilene (trielina) liquido limpido, di odore caratteristico che ricorda il cloroformio. Buon solvente per olii, grassi, cere, bitumi. Impiegato per la pulitura e grassaggio di metalli e tessuti. Presenta, inoltre, un effetto insetticida.
– Xilene, Xilolo solvente apolare aprotico, di odore caratteristico ottimo per la rimozione di resine naturali fresche, resine sintetiche, olii, grassi, cere e paraffine. Esente da benzene, contiene il 10% di dicloro propano. $d_s = 8,8$.
– White spirit (ragia dearomatizzato) miscela di idrocarburi, liquido limpido di odore caratteristico. Insolubile in acqua ma miscibile con la maggior parte dei solventi organici.
Le miscele più utilizzate saranno le cosiddette miscela 2A formata da acqua, ammoniaca (al 6%); miscela 3A formata da acqua, acetone, alcool etilico puro (di norma in rapporto 1:1:1), miscela 4A formata da acqua, acetone, alcool etilico puro, ammoniaca al 6% (in rapporto 1:1:1:1). Tutti i rapporti indicati sono da considerarsi orientativi e potranno essere modificati ribilanciando i componenti.
*Nota per il compilatore: l'abbreviazione Tf indica la temperatura di fusione; Teb indica la temperatura di ebollizione; Ve indica la velocità di evaporazione relativa all'etere; $d_s$ indica il parametro di solubilità.*

## Art. 17. Impregnanti ad effetto consolidante e protettivo

**Generalità**
Gli impregnanti ad effetto consolidante da utilizzare nei lavori di restauro, dovranno avere le seguenti caratteristiche:
- elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
- resistenza chimica agli agenti inquinanti;
- spiccata capacità di ripristinare i leganti della senza depositare sali superficiali;
- capacità di fare traspirare il materiale in modo da conservare la diffusione del vapore;
- profonda penetrazione che eviti la formazione di pellicole in superficie;
- "pot-life" molto lungo tale da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- capacità di mantenere inalterato il colore della materia.

E' ammesso l' uso dei seguenti consolidanti:

***Art. 17.1 - Resine organiche: resine acriliche.***
Tali resine saranno prodotte mediante processo di polimerizzazione di estere acrilico o di suoi derivati; saranno in possesso di basso peso molecolare, proprietà di trasparenza e di bassa viscosità. Inoltre avranno proprietà termoplastiche e buona resistenza agli acidi, alle basi, alla benzina, alla trementina e agli alcool concentrati (fino a una percentuale del 40%).
Potranno essere utilizzate mediante iniezioni come materiali consolidanti e adesivi, se necessario potranno anche essere miscelate con prodotti siliconici e latte di calce; il loro impiego come additivi potrà rendersi necessario per migliorare l'adesività di stucchi e malte fluide. Resina acrilica pura in microemulsione acquosa, debitamente controllata e selezionata con additivi antibiodeteriogeni da impiegarsi come fissante, primer o additivo nella preparazione di prodotti per interventi di restauro. La particolare caratteristica della microemulsione garantisce un'efficace penetrazione nei supporti e conferisce caratteristiche di elevatissima resistenza agli alcali, ai raggi UV, all'ingiallimento dovuto per il naturale invecchiamento della resina agli agenti atmosferici. Il prodotto risulta reversibile.
**Caratteristiche tecniche:**
Diametro delle molecole 20-40 nm
PH 7,0 ± 1
Peso specifico 1,020 kg/l ± 0,020 kg/l
Secco a 105° 29% ± 1%

Viscosità Brrokfield 150 cp
Temperatura di applicazione tra +5°C e +35°C
Agenti di reversibilità acetone, etil, propil, butil acetati

***Art. 17.2 Impregnanti a base di sostanze minerali: Silicato di etile.***
Va applicato preferibilmente con il sistema a compresse o per immersione; è tuttavia applicabile anche a pennello, a spruzzo con irroratori a bassa pressione, od a percolazione. Il materiale da trattare va completamente saturato fino sino a rifiuto. In caso di sovradosaggio dovrà essere possibile asportare l' eccesso di materiale, prima dell'indurimento, con tamponi imbevuti di solventi organici minerali.
I formulati a base di silicato di etile , dovranno possedere le seguenti proprietà:
- basso peso molecolare;
- essiccamento fuori polvere;
- assenza di prodotti dannosi per la pietra;
- legante minerale affine a quello del materiale trattato;
- resistenza agli acidi;
- capacità di fare traspirare i pori della pietra;
- permeabilità al vapore d'acqua.

***Art. 17.3 - Consolidante florurato:***
Più precisamente co-polimeri fluorurati, presentano notevoli proprietà elastiche e grande stabilità chimica; questi prodotti non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già pre-polimerizzati, pertanto non subiranno alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non varieranno le loro proprietà. Disciolti in solventi organici (di norma acetone o acetato di butile) potranno essere utilizzati come legante per isolare in maniera efficace fessure e rotture da stuccature o sigillare; possono inoltre essere impiegati per ripristini da eseguirsi con lo stesso materiale oggetto di restauro. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato, prevederà l'unione di una parte in peso di resina a 3 parti di inerte ricavato, preferibilmente, dalla macinazione della stessa pietra. L'impasto dovrà essere ben mescolato fino ad ottenere la consistenza voluta. Sarà consigliabile non eseguire alcun intervento sulla stuccatura prima di 1 ora dalla stesura della stessa. Queste resine sono completamente reversibili in acetone anidro.
Riaggregante, consolidante e protettivo superficiale a solvente, reversibile per materiali decorsi; non interagisce sull' aspetto estetico finale del supporto trattato. Applicare a pennello.

## Art. 18. Prodotti per la pulizia dei manufatti

**Generalità –** La pulitura di una superficie di un manufatto, soprattutto se di valore storico-architettonico, dovrà prefiggersi lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico e cromatico post-intervento non dovrà incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non dovrà essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Saranno, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causerà sempre una, seppur minima, azione lesiva sul materiale, sarà opportuno ben calibrare l'utilizzo dei singoli prodotti (raccomandazioni NorMaL) che dovranno essere messi in opera puntualmente (mai generalizzandone l'applicazione) e gradualmente, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore potrà verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, definire quando l'intervento dovrà interrompersi.
All'Appaltatore sarà fatto divieto impiegare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Ogni prodotto potrà essere messo in opera previa esecuzione di idonei test-campione eseguiti in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.
I prodotti di seguito elencati, (forniti nei contenitori originali e sigillati) saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

***Art. 18.1 Acqua per lavori di puliture***
Per la pulitura di manufatti, dovrà essere utilizzata, in generale acqua assolutamente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2%. Dovranno essere utilizzate: in presenza di calcari teneri acque più dure, acque a grana fine dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua distillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide ($RSO_3H$) e basiche

($RNH_3OH$) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili, nel caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di quel tipo, operando preferibilmente per via fisica.
La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine a scambio ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro.

***Art. 18.2 Spugne per puliture a secco***
Queste spugne specifiche per la pulitura a secco di superfici delicate (affreschi, superfici decorate con graffiti) costituite da una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), normalmente di colore giallo chiaro, supportata da una base rigida di colore blu. La massa spugnosa dovrà, necessariamente essere esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presentare un pH neutro e contenere saktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non saranno adatte per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es., croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità.
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 18.3 carta giapponese***
Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robustezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte serviranno da filtro per operazioni di puliture su superfici delicate o in avanzato stato di degrado, inoltre si rileveranno utili per velinature ovvero per operazioni di preconsolidamento.
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.
***Reagenti chimici –*** La pulizia con reagenti chimici richiederà la massima cautela per la difficoltà di controllo delle sua azione corrosiva. Essa dovrà, infatti essere effettuata esclusivamente dietro specifica autorizzazione della D.L. e solo sulle zone ove le croste si presentano più tenaci. Ingenere, s'impiegheranno dei formulati in pasta resi tixotropici della carbossilcellulosa che verranno diluiti, per mitigare la loro azione urticante, con i quantitativi d'acqua prescritti dalla D.L.
***Modalità di accettazione***
I prodotti saranno valutati al momento della fornitura; la direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).
**1) Sostanze alcaline** – Composte prevalentemente da alcali caustici, polimeri e agenti reologici, presenteranno, in genere le seguenti proprietà:
– alcalinità 10-20%
– pH 13-14
– pH 1% in acqua 12-13
– peso specifico 1,247 g/ml
– viscosità DIN 20.
**2) Neutralizzatori** – Composti da acidi e solventi in acqua, saranno, impiegati per interrompere l'azione delle sostanze alcaline. Il loro utilizzo sarà opportunamente vagliato dalla D.L. in quanto, talvolta, su superfici particolarmente reattive potrebbero produrre sali solubili che, penetrando all'interno, danneggerebbero irreversibilmente i materiali. Presenteranno le seguenti caratteristiche:
– acidità 1-10%
– pH 1% in acqua 2-4
– peso specifico 1,043 g/ml.
**3) Sostanze acide** – Costituite da acidi inorganici e tensioattivi, dovranno essere impiegate esclusivamente su materiali di natura non calcarea. Presenteranno le seguenti proprietà:
– pH 0-1
– pH 1% in acqua 0-2
– peso specifico 1-1.35 g/ml
– viscosità DIN 20.
**EDTA bisodico**
Sale bisodico chelante si presenta come polvere bianca inodore a pH debolmente acido (pH @ 5) utilizzato per la pulitura di croste nere; particolarmente efficace per le patine a base di solfato, generate da

solfatazioni e carbonato di calcio legati alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali. Fondamentalmente è un agente sequestrante ha la proprietà di formare con gli ioni dei metalli, composti di coordinazione molto solubili e stabili, mascherandone la presenza in soluzione. I principali metalli che potrà "captare" sono, in ordine di affinità, i seguenti: calcio, potassio, sodio, cromo, nichel, rame, piombo, zinco, cobalto, manganese, magnesio.

**EDTA tetrasodico**

Come l'EDTA Bisodico ma meno solubile in acqua e con pH basico (pH @ 11) si rileva più efficace per le patine a base di ossalato (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in seguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie) che si concretizzano in patine di vario colore (giallo, rosa, bruno).

**Acido citrico**

Sale ad azione chelante (più debole dell'EDTA) da utilizzare come sale triammonico per la pulizia di affreschi e superfici policrome.

**Carbossimetilcellulosa**

Solubile in acqua ed in soluzioni alcaline permette di ottenere liquidi molto viscosi dotati di proprietà addensanti, emulsionanti, detergenti e stabilizzanti. Il miglior modo per preparare una soluzione di carbossimetilcellulosa è quello di versarla lentamente in acqua calda sotto agitazione veloce. La viscosità diminuisce con il riscaldamento per tornare al valore iniziale con il raffreddamento.

**Acido poliacrilico**

Polimero acrilico per la preparazione di sistemi solvent-gel acquosi ad alta viscosità per la pulitura controllata di strati policromi. I polimeri reticolari dell'acido acrilico ad alto peso molecolare sono usati come agenti addensanti, sospendenti e stabilizzanti. Presenteranno una elevata versatilità di impiego e si rilevano ottimi prodotti per preparazione di gel trasparenti, alcolici e non, con viscosità media o altissima.

**Ammina di cocco**

Ammina di cocco etossilata per la preparazione di sistemi solvent-gel per la pulitura controllata di strati policromi. Questo prodotto verrà utilizzato nella preparazione del solvent-gel per la proprietà che possiede di neutralizzare la funzione acida dell'acido poliacrilico e, contemporaneamente, di conferire all'addensante anche blande proprietà tensioattive. Dovranno, in ogni caso, essere aggiunte in quantità tale da salificare solo parzialmente l'acido, così da provocarne semplicemente la distensione e da permettere l'addensamento della soluzione.

**Ammoniaca**

Gas di odore irritante che liquefa a –33 °C, normalmente commercializzato in soluzioni acquose. L'ammoniaca veicolata con compresse imbevute, stesa a tampone o a pennello potrà essere utilizzata miscelata con acqua o con acqua, acetone ed alcool per la rimozione di sostanze soprammesse di varia natura quali olii, vernici, cere, ridipinture ecc. su strutture in pietra quali marmo, brecce, arenarie, calcari duri e teneri, travertino e tufo.

**Enzimi**

Composti organici proteici di origine naturale in grado di promuovere reazioni che, in loro assenza, risulterebbero trascurabili. In pratica si tratta di molecole particolarmente selettive nei confronti di un determinato substrato, possono rappresentare una valida alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazione idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridiche. Una delle caratteristiche principali degli enzimi risiede nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in un data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica vale a dire che non potrà modificare una sostanza diversa dal substrato, di conseguenza, l'operazione di pulitura, non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulitura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimatiche sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque altra sostanza, senza perdere l'efficacia. Gli enzimi principalmente utilizzati sono:

– le proteasi capaci di scindere le molecole proteiche idrolizzando i legami peptidici, si rileverà efficace per la rimozione di macchie dovute a colle e gelatine animali, albumine, casine e uovo. Si potrà trovare nelle versioni stabilizzato, con pH acido (pH @ 5) o con pH alcalino (pH @ 8,4) per la rimozione controllata di sostanze proteiche anche su supporti delicati come gli affreschi;

– le lipasi (pH @ 8,4) in grado di sciogliere i grassi catalizzando l'idrolisi dei trigliceridi, si rileverà efficace per la rimozione di sostanze grasse, pellicole a base di olii essiccativi, vernici oleoresinose, cere e resine sintetiche come esteri acrilici e vinilici;

– le amilasi (pH @ 7,2) idrolizzano i legami glucosidici di polisaccaridi quali amido, cellulosa, gomme vegetali;

– saliva artificiale prodotto a base di mucina per la pulitura pittorica superficiale, particolarmente efficace se impiegata come lavaggio intermedio dopo la pulitura con enzimi o con saponi resinosi.

**Formulati**

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) potrà essere utilizzato un preparato così formulato:
– 1000 cc di acqua deionizzata;
– 50 g di carbosilmetilcellulosa (per dare consistenza tixotropica all'impasto);
– 30 g di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$);
– 50-100 g di EDTA (bisodico).
In alternativa AB *57*; formulato messo a punto dall'ICR, dovrà presentare, preferibilmente, un PH intorno a *7,5* (sarà comunque sufficiente che il pH non superi il valore 8 così da eludere fenomeni di corrosione dei calcari e la eventuale formazione di sotto prodotti dannosi). Sarà composto da:
– 1000 cc. di acqua;
– 30 g di bicarbonato d'ammonio($Na_4HCO_3$);
– 50 g di bicarbonato di sodio($NaHCO_3$);
– 25 g di EDTA (bisodico);
– 10 cc. di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, fungicida);
– 60 g di carbossimetilcellulosa.
La quantità di EDTA potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g.
Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniaca ($NH_4OH$) o trietanolammina ($C_3H_4OH_3)N$ allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nell'agente patogeno.
Dietro specifica indicazione della D.L. l'appaltatore potrà, inoltre, impiegare acido cloridrico per l'asportazione di solfato di calcio (rapporto con acqua 1/500); acido fosforico, floruri, fosfati e citrati per rimuovere macchie di ruggine su pietre silicee; soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6) per rimuovere macchie di ruggine su pietre calcaree.
*Esametofosfato di sodio* e *Formiato di ammonio* – Sono sali che hanno la proprietà di sciogliere il gesso senza intaccare il carbonato di calcio. Dovranno essere usati in soluzioni con il 5-10% d'acqua e, su richiesta della D.L., potranno essere miscelati fra loro al fine di ottenere una maggiore capacità solvente. Potrà essere anche aggiunto un sapone liquido di tipo neutro o leggermente alcalino (5-10 cc. litro) al fine di favorire una migliore bagnabilità ed asportazione delle croste grasse prodotte dagli idrocarburi alifatici.

***Art. 18.4 Carbonato e Bicarbonato di Ammonio***
Sali solubili in acqua, utilizzati in percentuali che potranno variare dal 5% al 100%. Detti prodotti, potranno essere utilizzati singolarmente o in composti (ad es., in combinazione con resine a scambio ionico). Sia il carbonato che il bicarbonato di ammonio presenteranno la capacità di decomporsi spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il Carbonato che per il Bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in Solfato di Ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del Bicarbonato d'Ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco.
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 dal presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 18.5 Tensioattivi e Detergenti***
Prodotti composti da molecole contenenti un piccolo gruppo polare idrofilo ed una più lunga catena liofila; queste molecole si orienteranno in modo da avere il primo gruppo (quello polare) immerso in acqua e la parte apolare nello strato di sporco. I tensioattivi saranno utilizzati allo scopo di diminuire la tensione superficiale dell'acqua così da aumentarne la "bagnabilità" e, di conseguenza, l'azione pulente. Essi, contrariamente da altre sostanze solubili in acqua, non si distribuiscono con uniformità nella massa ma si raggruppano selettivamente in maniera ordinata alla superficie della soluzione per tanto non richiedono, per essere efficienti, di una grande solubilità in acqua né di raggiungere un'alta concentrazione in tutto il volume.
Il detergente dovrà rispondere a svariate proprietà tra le quali:
– potere bagnate ovvero capacità di ridurre la tensione superficiale dell'acqua, facilitandone la penetrazione;
– potere dissolvente organico ovvero capacità di solubilizzare sostanze organiche (olii, grassi, proteine);

– potere disperdente ovvero capacità di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati;
– potere emulsionante ovvero capacità di emulsionare grassi edoli;
– potere sequestrante e chelante ovvero capacità di legarsi ai sali di calcio e di magnesio per convertirli in sostanze solubili;
– potere tampone ovvero capacità di mantenere invariato il pH;
– potere battericida ovvero capacità di distruggere i microrganismi;
– potere sciacquante ovvero capacità di un detergente di essere asportato insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo;
La sequenza di queste particolarità individuerà anche le fasi in cui si svilupperà l'azione detergente.
L'uso dei detergenti dovrà essere opportunamente vagliato e autorizzato dalla D.L.; infatti, i tensioattivi oltre a sciogliere il gesso ed il carbonato di calcio (che sono i leganti più comuni delle croste), agiscono anche sulle pietre corrodendole e formando sali solubili.
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati più oltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 18.6 Addensanti e Supportanti***
Questi prodotti garantiscono la gelificazione del solvente in modo da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo. In questo modo rendono l'operazione di pulitura più selettiva, e, allo stesso tempo, impediscono la penetrazione del solvente negli strati sottostanti, in più riducono il processo d'evaporazione, diminuendo l'inalazione del solvente da parte dell'operatore. In linea generale gli addensanti dovranno essere lavorati ed applicati a pennello per tempi variabili secondo il caso e rimossi a secco o a tampone leggermente imbevuto di solvente senza lasciare residui dannosi per l'opera. La densità del gel finale sarà controllata dall'operatore a seconda delle esigenze specifiche.
I supportanti fondamentalmente si dividono in due categorie: addensanti cellulosici e solvent-gel. La scelta di gelificare un solvente con un addensante cellulosico anziché per mezzo di solvet-gel potrà discendere da molteplici fattori come ad esempio, l'eventuale presenza di materiali particolarmente sensibili all'acqua renderà gli addensanti cellulosici preferibili ai solvent-gel che, al contrario, risulteranno più idonei (grazie all'azione blandamente tensioattiva) per procedure di pulitura più generiche di superfici pittoriche e non.
**Addensanti cellulosici**
Supportanti inerti cellulosici agiscono per rigonfiamento diretto della struttura cellulosica da parte del solvente puro o di loro miscele. La metilcellulosa si rileva più adatta per gelificare solventi polari (acqua, alcool ecc.) o miscele di questi, da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v. L'etilcellulosa si rileva, invece, più adatta per solventi a polarità medio bassa (clorurati, chetoni, esteri ecc.) o apolari; la percentuale di utilizzo va da il 6% al 10% (p/v) a seconda dei casi.
**Idrossi metil-propil cellulosa**
Supportante cellulosico di enzimi o gelificazioni di solventi. Agisce da tensioattivo, diminuendo la tensione superficiale dell'acqua ovvero del solvente organico, amplificando il potere bagnate della soluzione e diminuendo il potere penetrante in un corpo poroso o la capacità di risalita capillare. Proprietà: modifica la viscosità di soluzioni, emulsioni e dispersioni acquose ed organiche dando vita a films elastici termoplastici, non appiccicosi, poco sensibili all'umidità da utilizzare per la pulitura di superfici policrome.
**Solvent-gel**
Sono costituiti da acido poliacrilico e ammina di cocco (art. 15.4 "Prodotti chimici"). L'aggiunta del solvente scelto e di poche gocce d'acqua provocano il rigonfiamento del sistema e la formazione del gel.

***Art. 18.7 Polpa di cellulosa***
La polpa di carta ovverosia la pasta di cellulosa dovrà presentare un colore bianco, dovrà essere deresinata e ottenuta da cellulose naturali. Le fibre dovranno presentare un'elevata superficie specifica, ed un'altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico, una buona capacità di trattenere i liquidi e dimostrarsi insolubili in acqua ed in solventi organici. Un chilogrammo di polpa di cellulosa dovrà essere in grado di trattenere circa 3-4 litri di acqua; minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 600, 1000 m) maggiore sarà la quantità di acqua in grado di trattenere.
I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 18.8 Argille assorbenti***
Potranno essere impiegate due tipi di argille: la sepiolite e l'attapulgite. Sono fillosilicati idrati di magnesio capaci d'impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie delle pietre deteriorate. La granulometria dei due tipi d'argilla dovrà essere dialmeno 100-200 Mesh. Dovranno essere fornite nei

contenitori originali sigillati e saranno preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro collocazione in spessori di circa 2-3 cm.

***Art. 18.9 Impacchi biologici***

Gli impasti, a base di sepiolite o attapulgite, avranno la seguente composizione:
– 1 lt di acqua
– 50 di aurea
– 20 cc. di glicerina.
Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm.

***Art. 18.10 Biocidi***

Prodotti da utilizzarsi per l'eliminazione di muschi e licheni. I suddetti prodotti dovranno, necessariamente, essere utilizzati con molta attenzione e cautela, dietro specifica indicazione della D.L. e solo dopo aver eseguito accurate indagini sulla natura del terreno e sul tipo di azione da svolgere oltre naturalmente all'adozione di tutte le misure di sicurezza e protezione degli operatori preposti all'applicazione del prodotto. Questi prodotti potranno presentare, a seconda dei casi e delle indicazioni di progetto, le seguenti caratteristiche:
– azione selettiva e limitata alla specie da eliminare;
– tossicità limitata verso l'ambiente così da non alterare per tempi prolungati l'equilibrio del terreno interessato dall'azione disinfettante;
– atossicità nei riguardi dell'uomo;
– totale assenza di prodotti o componenti in grado di danneggiare l'organismo murario ovvero le porzioni intonacate;
– limitata durata dell'attività chimica;
– totale assenza di fenomeni inquinanti nei confronti delle acque superficiali e profonde.
Per indicazioni inerenti la scelta dei metodi di controllo del biodeterioramento si rimanda a quanto enunciato nel documento NorMaL 30/89, mentre per ulteriori informazioni sulla caratterizzazione, sull'efficacia e sul trattamento dei biocidi si rimanda a quanto enunciato nei documenti NorMaL 35/91, 38/93, 37/92.

**Alghicidi, battericidi, fungicidi**

Composti inorganici

1) *Perossido di idrogeno* (acqua ossigenata) utilizzato a 120 volumi risulterà adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; potrà essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agirà esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non durerà nel tempo.
2) *Ipoclorito di sodio* (varechina) utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina potrà essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non verrà interamente estratta dal materiale lapideo ne potrà determinare l'ingiallimento.

Composti organici

*Formalina* soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi licheni e batteri.

Composti fenolici e derivati

1) *Orto-fenil-fenolo (OPP)* ed i suoi sali sodici (OPPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità potrà ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulterà preferibile poiché presenterà una minore interazione con il supporto.
2) *Di-clorofene* prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molo bassa, non presenterà interazioni con il supporto anche se organico.
3) *Penta-clorofenolo* (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose all'1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto potrà determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

Composti dell'ammonio quaternario

*Derivati dell'ammonio quaternario* (come il Benzetonio cloruro) da utilizzare in soluzione dal 2-4% in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulterà, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. La sua azione risulterà energica ma non protratta nel tempo, in quanto non sarà in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee.

**Erbicidi**

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che interverranno sulla fotosintesi, tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.
1) *Solfato di ammonio* prodotto da impiegare per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.
2) *Fluometuron* da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.
3) *Simazina* prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi presenta una azione preventiva per circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.
4) *Picloram* erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifica indicazioni della D.L. e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.
5) *Gliyfosato* diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

**Tabella 18.1** Tabella riassuntiva dei biocidi e dei loro campi di applicazione

| **Biocidi** | **Alghe** | **Licheni** | **Funghi** | **Batteri** | **Piante** |
|---|---|---|---|---|---|
| Perossido di idrogeno | +++ | ++ | - | ++ | - |
| 120 vol. | | | | | |
| Benzetonio cloruro | +++ | ++ | - | ++ | - |
| Di-clorofene | +++ | ++ | + | - | - |
| Penta-clorofenolo | +++ | - | ++ | ++ | - |
| Formalina | +++ | +++ | ++ | +++ | + |
| Fluometuron | +++ | ++ | ++ | - | - |
| Simazina | - | ++ | +++ | - | +++ |
| Gliyfosato | - | +++ | - | - | +++ |

I criteri d'accettazione dei biocidi dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 18.11 Clorotriazina***
Il prodotto, posto in commercio con il marchio Primatol M50, è una polvere bagnabile al 50% di principio attivo ed è stato assegnato alla terza classe tossicologica. L'inerzia chimica del principio attivo e la scarsissima solubilità, lo rendono molto stabile. Poiché agisce principalmente per assorbimento radicale, sarà particolarmente indicato per il trattamento delleinfestanti sia a foglia larga (dicotiledoni) sia a foglia stretta (graminacee).

***Art. 18.12 Metosittriazina***
Il prodotto posto in commercio con il marchio Primatol 3588, è formulato in polvere bagnabile al 25% di principio attivo, con il 2% di GS13529 è stato assegnato alla terza classe tossicologica. Per le sue caratteristiche chimiche è molto stabile nel terreno, ove penetra a maggior profondità rispetto al formulato precedente.
Questo agirà per assorbimento radicale e fogliare, sarà quindi caratterizzato da una vasta gamma di azione anche su infestanti molto resistenti. Sarà particolarmente adatto per applicazioni su strutture murarie.

***Art. 18.13. Trattamenti disinfestanti del legno***
Contro il capricorno delle case e l'hesperophanescineres sarà consentito l'uso di sostanze solubili in acqua solo in particolari condizioni; questi saranno a base di miscele, di fluoruro di sodio dinitrofenolo e bicromati, poliborati di sodio. In linea di massima potranno essere utilizzati prodotti a base di naftalina clorurata, hentaclorofenolo, ossidoùtributilicodi stagno, tetraclorofenolo, paradiclorobenzolo, esaclorocicloesano.
Per il trattamento antimicetico è consentito l'uso di prodotti particolarmente efficaci anche contro gli insetti; prodotti a base di fluoruri, composti di cromo ed arsenico, pentaclorofenolo, ecc.

***Art. 18.14 Resine a scambio ionico***

Le resine a scambio ionico sono copolimeri stirene funzionanti con gruppi acidi (resine a scambio cationico) o basici (resine a scambio anionico) in grado di "agganciare" le sostanze ioniche presenti nel substrato a cui vengono applicati.
Le resine a scambio cationico (descialbante) funzioneranno come agenti di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree di neoformazione "sequestrando" ioni Calcio al supporto cui verrà applicata in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura.
Le resine a scambio anionico (desolfatante) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati su superfici lapidee e affreschi, l'Idrossido di Calcio che viene prodotto da questa reazione reagirà spontaneamente con l'anidride carbonica atmosferica convertendosi in Carbonato di Calcio con conseguente ricomposizione della tessitura carbonatica del substrato e azione consolidante riaggregante.
Questi pulitori saranno applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata o distillata in rapporto variabile a secondo sia del prodotto utilizzato sia della consistenza finale (più pastosa da applicare a spatola ovvero più liquida da applicare a pennello) descritta negli elaborati di progetto. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa
Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della D.L.
I criteri d'accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

## Art. 19. Materiali impregnanti

**Generalità**
La procedura di impregnazione dei materiali costituenti le superfici esterne dei fabbricati sarà rivolta a tutelare le strutture architettoniche (ovvero archeologiche) da attacchi da agenti patogeni siano essi di natura fisica (che si otterrà mediante il consolidamento dei supporti al fine di accrescere o fornire quelle capacità meccaniche di resistenza al degrado che non hanno mai posseduto o che, col trascorrere del tempo, si sono indebolite) che chimica (che si effettuerà mediante idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche). I "prodotti" da utilizzarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzati quali pre-consolidanti, consolidanti e protettivi. All'appaltatore sarà, vietato utilizzare prodotti impregnanti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, nonché fare uso generalizzato delle suddette sostanze. Ogni prodotto potrà essere utilizzato previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.
La scelta dei suddetti prodotti dovrà riferirsi alla natura e alla consistenza delle superfici che potranno presentarsi: privi di rivestimento con pietra a vista compatta e tenace ovvero con pietra a vista tenera e porosa; privi di rivestimento in cotti a vista albasi e porosi, mezzanelli (dolci o forti) o ferrioli; esenti di rivestimento in calcestruzzo; rivestite con intonaci e coloriture realizzati durante i lavori di restauro o, infine, rivestite con intonaco e coloriture preesistenti al restauro.
Altri fattori che dovranno influenzare la scelta delle sostanze impregnanti dovranno essere quelli risultati a seguito della campagna diagnostica condotta, necessariamente, dall'appaltatore secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NorMaL e da quanto indicato dalla D.L. Ogni fornitura dovrà, in ogni caso, essere sempre accompagnata da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad eseguire. In specifico, le peculiarità richieste, in relazione al loro utilizzo, saranno le seguenti:
– atossicità;
– elevata capacità di penetrazione;
– resistenza ai raggi U.V.;
– buona inerzia chimica nei confronti dei più diffusi agenti inquinanti;
– assenza di sottoprodotti di reazione dannosi;
– comprovata inerzia cromatica (comunque da verificarsi in fase applicativa);
– traspirabilità al vapor d'acqua;
– assenza di impatto ambientale;
– sicurezza ecologica;
– soddisfacente compatibilità fisico-chimica con il materiale da impregnare;
– totale reversibilità dalla reazione di indurimento;
– facilità di applicazione;
– solubilizzazione dei leganti.

I prodotti di seguito elencati (forniti nei contenitori originali e sigillati), saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento alle norme UNI vigenti.

***Art. 19.1 Impregnanti per il consolidamento***

I prodotti impregnati da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od archeologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

– elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
– resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;
– spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottoprodotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);
– capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;
– penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;
– "pot-life" sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
– perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
– spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto.

I prodotti consolidanti più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici, dei composti a base di silicio e dei composti inorganici la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate.

**Composti organici**

A differenza dei consolidamenti inorganici, che basano il loro potere consolidante sull'introduzione nel materiale di molecole simili a quelle del substrato lapideo naturale o artificiale con il quale devono legarsi, i consolidamenti organici eserciteranno la loro azione mediante un elevato potere adesivo, capace di saldare tra loro i granuli decoesi del materiale lapideo.

Questi composti, in gran parte dotati anche di proprietà idrorepellente e quindi protettive, saranno per lo più polimeri sintetici noti come "resine" le quali opereranno introducendosi all'interno del sistema capillare dei materiali dove si deporranno successivamente all'evaporazione del solvente (soluzione) o del veicolo (emulsioni) che le racchiude, dando vita ad una rete polimerica che circonderà le particelle.

I suddetti composti potranno essere termo-plastici o termo-indurenti: i primi sono costituiti da singole unità polimeriche (sovente con struttura quasi lineare) non stabilmente legate una con l'altra ma connesse solo da deboli forze. Tali polimeri garantiranno una buona reazione ad urti e vibrazioni, non polimerizzando una volta penetrati nel materiale; manterranno, inoltre, una certa solubilità che ne garantirà la reversibilità, saranno, in genere adoperati per materiali lapidei, per le malte e per i legnami (nonché per la protezione degli stessi materiali e dei metalli); la loro applicazione avverrà distribuendo una loro soluzione (ovvero anche un'emulsione acquosa) magari associando altri componenti (tensioattivi, livellanti ecc.), la successiva evaporazione del solvente lascerà uno strato più o meno sottile di materiale consolidante. I polimeri termoplastici risulteranno spesso solubili in appropriati solventi (sovente funzionalizzanti come chetoni, idrocarburi clorurati, aromatici ecc.) e potranno essere, all'occorrenza plasmati attraverso un idoneo riscaldamento.

I prodotti termoindurenti (costituiti da catene singole che però sono in grado di legarsi fortemente tra loro dando vita ad una struttura reticolare che interessa tutta la zona di applicazione) avranno, al contrario, solubilità pressoché nulla, risulteranno irreversibili, piuttosto fragili e sensibili all'azione dei raggi U.V.; saranno, di norma, impiegati come adesivi strutturali. Al fine di migliorare il grado di reticolazione e di conseguenza le caratteristiche di aderenza può risultare utile operare una preliminare operazione di deumidificazione del supporto di applicazione.

**Resine acriliche**

Le resine acriliche sono composti termoplastici ottenuti dalla polimerizzazione di esteri etilici e metilici dell'acido acrilico e dell'acido meacrilico. Le caratteristiche dei singoli prodotti variano entro limiti abbastanza ampi in relazione al monomero (ovvero ai monomeri, se copolimeri) di partenza e la peso molecolare del polimero. La maggior parte delle resine acriliche liberano i solventi con una certa difficoltà e lentezza, pertanto un solvente ad evaporazione rapida come l'acetone (in rapporto 1:1), fornisce, generalmente, risultati migliori rispetto ad altri solventi tipo toluolo e xilolo (che inoltre presentano un grado di tossicità più elevato). Questa classe di resine presenterà una buona resistenza all'invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici dell'inquinamento. Il loro potere adesivo è buono grazie alla polarità delle molecole, ma essendo polimeri termoplastici, non potranno essere utilizzati come adesivi strutturali; il limite risiede nella scarsa capacità di penetrazione, sarà, infatti, difficile raggiungere profondità superiori a 0,5-1 cm (con i solventi alifatici clorurati si possono ottenere risultati migliori per veicolare la resina più in profondità). Possiedono in genere buona idrorepellenza che tenderà, però a decadere nel tempo; se il contatto con

l'acqua si protrarrà per tempi superiori alle 90 ore, inoltre, sempre in presenza di acqua, tenderanno a dilatarsi pertanto, risulteranno adatte per superfici interne o quantomeno per superfici non direttamente esposte agli agenti atmosferici.
*Resine acriliche solide*: tra le resine acriliche da utilizzare in soluzione, se non diversamente specificato da indicazioni di progetto, si può ricorrere ad una resina acrilica solida a base di Etil-metacrilato/metil-acrilato fornita in scaglie diluibile in vari solventi organici tra i quali i più usati sono diluente nitro, acetone, clorotene, sarà anche miscibile con etanolo con il quale formerà una soluzione lattiginosa e film completamente trasparente. Questa resina grazie all'eccellente flessibilità, trasparenza, resistenza agli acidi, agli alcali, agli oli minerali, vegetali e grezzi, alle emanazioni dei prodotti chimici ed al fuoco può essere impiegata per il consolidamento di manufatti in pietra, legno, ceramica e come fissativo ed aggregante superficiale di intonaci ed affreschi interni. In linea generale la preparazione della soluzione dovrà seguire i seguenti passaggi: unire per ogni litro di solvente scelto dalla D.L. a seconda del tipo di intervento, da 20 fino a 300 g di resina solida, in un contenitore resistente ai solventi. Il solvente dovrà essere messo per primo nel recipiente di diluizione e mentre verrà tenuto in agitazione, si inserirà gradualmente la resina fino a perfetta soluzione. Sarà consigliabile tenere in agitazione la miscela ed operare ad una temperatura di oltre 15°C così da evitare che i tempi di dissoluzione siano troppo lunghi. Dovranno, inoltre, essere evitate le soluzioni superiori al 30% perché troppo vischiose. Se richiesta dagli elaborati di progetto potranno essere aggiunti nella soluzione quali agenti opacizzanti: cera microcristallina (fino al 47% del solido totale) o silice micronizzata (fino al 18% del solido totale). Orientativamente le percentuali di resina utilizzate p/v potranno essere: 2-5% per il preconsolidamento di elementi lapidei; 10% per il consolidamento del legno e per la verniciatura fissativa a spray di dipinti; 20% per il fissaggio di frammenti di pietra, stucco decoeso, tessere di mosaico ecc. mediante fazzoletti di garza di cotone; 30% per il fissaggio di scaglie in pietra o laterizio.
I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Resine epossidiche**
A questa categoria appartengono prodotti a base di resine epossidiche liquide che presenteranno le seguenti caratteristiche: bassa viscosità, elevato residuo secco, esenti da solventi con reattività regolare, polimerizzabile a temperatura ambiente (12-15 °C) ed in presenza di umidità. Questa classe di resine presenterà, inoltre, elevate caratteristiche di resistenza chimica (soprattutto agli alcali), meccanica e di adesione così da consentire il ripristino dell'omogeneità iniziale delle strutture lesionate. L'applicazione potrà avvenire a pennello, a tampone, con iniettori in ogni caso sotto stretto controllo dal momento che presenteranno un limitato pot-life. L'elevate caratteristiche meccaniche (in genere non compatibili con i materiali lapidei), la bassa permeabilità al vapore, il rapido invecchiamento con conseguente ingiallimento se esposte ai raggi U.V. non rende questo tipo di resine particolarmente adatto per superfici di materiali porosi quali pietra, legno, cotto, malta. Il loro impiego dovrà, pertanto, essere attentamente vagliato dall'appaltatore e sempre dietro specifica richiesta della D.L. orientativamente potranno essere messe in opera per il consolidamento/protezione di manufatti industriali, di superfici in cls e di costruzioni sottoposte ad un forte aggressione chimica.
I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità) del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da foglio apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Resine fluorurate** (perfluoropolieteri ed elastomeri fluorurati)
Prodotti a doppia funzionalità, adatti come protettivi idro ed oleorepellenti i perfluoropolieteri, come aggreganti superficiali-protettivi per materiali lapidei porosi gli elastomeri fluorurati. Sono prodotti che non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già pre-polimerizzati, pertanto il prodotto mantiene costanti nel tempo le proprie caratteristiche chimico-fisiche, assicurando un protezione costante contro l'invecchiamento oltre alla reversibilità del trattamento. Questi composti presenteranno sia discrete doti di aggreganti superficiali, utili per il preconsolidamento di materiali decoesi come marmi, pietre, laterizi ed intonaci (anche se non potranno essere considerati veri e propri consolidanti nonostante presentino il vantaggio di creare una struttura "non rigida" attorno ai granuli degradati della pietra eludendo, in questo modo, le tensioni dovute a sbalzi termici e ai differenti coefficienti di dilatazione termica dei materiali), sia, soprattutto, doti protettive idrofobizzanti: risulteranno permeabili al vapore d'acqua, completamente reversibili (anche quelli dotati di gruppi funzionali deboli di tipo ammidico) in acetone anidro o altro solvente impiegato per l'applicazione e stabili ai raggi U.V. Generalmente, saranno disciolte in solventi organici (ad es. acetone, acetato di butile ecc.) dal 2-3% fino al 7-10% in peso (la viscosità elevata consiglia tuttavia di utilizzare soluzioni a basse concentrazioni ad es., al 3% in 60% di acetone e 37% di acetato di butile) e potranno essere applicati a pennello o a spray in quantità variabili a seconda del tipo di materiale da trattare e della sua porosità.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Resine acril-siliconiche**
Classe di prodotti a base di resine acriliche e siliconiche che, combinando le caratteristiche di entrambe le sostanze, risultano in grado di assolvere sia la funzioni consolidante riaggregante (propria della resina acrilica), sia quella protettiva idrorepellente (propria di quelle siliconiche); inoltre, grazie alla bassa viscosità del composto, l'impregnazione, rispetto alle resine acriliche, avverrà più in profondità (fino a 4-5 cm). Disciolte in particolari solventi organici risulteranno particolarmente indicate per interventi di consolidamento su pietra calcarea, arenaria, per superfici intonacate di varia natura, su mattoni in laterizio, su marmi e manufatti in gesso, elementi in cemento, opere in cemento armato e legno dolce e duro purché ben stagionato ed asciutto. Questo specifico tipo di resina trova particolare utilizzo in presenza di un processo di degrado provocato dall'azione combinata da aggressivi chimici ed agenti atmosferici: la resina penetrando nel manufatto, lo consoliderà senza togliergli la sua naturale permeabilità al vapore acqueo e, formando un sottilissimo velo superficiale, lo proteggerà rendendolo idrorepellente e resistente all'azione degli agenti atmosferici ed ai raggi ultravioletti.
Le resine acril-siliconiche dovranno essere utilizzate con idonei solventi organici (di natura preponderalmente polari al fine di favorirne la diffusione) prescritti dal produttore o indicati dalla D.L. così da garantire una bassa viscosità della soluzione (25±5 mPas a 25 °C), il residuo secco garantito dovrà essere di almeno il 10%. L'essiccamento del solvente dovrà avvenire in maniera estremamente graduale in modo da consentire la diffusione del prodotto per capillarità anche dopo le 24 ore dalla sua applicazione.
Questa tipologia di resine non solo dovrà essere applicata su superfici perfettamente asciutte ma non potrà avere neanche in fase di applicazione (durante la polimerizzazione e/o essiccamento del solvente) contatti con acqua poiché questo fattore potrebbe comportare la formazione di prodotti secondari dannosi pertanto, dovrà essere cura dell'appaltatore proteggere tempestivamente dalla pioggia la superficie trattata prima, durante e dopo l'operazione di consolidamento. Al fine di evitare che il consolidante emetta il solvente troppo rapidamente e di conseguenza dia vita ad un film o una crosta sulla superficie del manufatto non sarà consentito operare con alte temperature (condizioni ottimali 15-25 °C) o con diretto irraggiamento solare.
La suddetta resina dovrà presentare le seguenti caratteristiche:
– elevata penetrazione;
– elevata traspirabilità;
– resistenza agli agenti atmosferici;
– nessuna variazione ai raggi U.V.;
– impermeabile all'acqua;
– permeabile al vapore;
– essere in grado di aumentare la resistenza agli sbalzi termici (così da eliminare i fenomeni di decoesione);
– non ingiallirsi nel tempo.
I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Resine poliuretaniche**
Prodotti termoplastici o termoindurenti; in relazione ai monomeri utilizzati in partenza, presenteranno buone proprietà meccaniche, buona adesività ma bassa penetrabilità. Il prodotto dovrà possedere un'accentuata idrofilia in modo da garantire la penetrazione per capillarità, anche su strutture murarie umide inoltre, dovrà essere esente da ingiallimento (non dovranno pertanto contenere gruppi aromatici), presentare un basso peso molecolare, un'elevata resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi U.V., un residuo secco intorno al 3%, un indurimento regolabile fino a 24 ore posteriore all'applicazione nonché una reversibilità entro le 36 ore dall'applicazione.
Sovente si potranno utilizzare in emulsione acquosa che indurirà rapidamente dopo l'evaporazione dell'acqua. Messe in opera per mezzo di iniezioni, una volta polimerizzate, le resine poliuretaniche dovranno trasformarsi in schiume rigide, utili alla stabilizzazione di terreni all'isolamento delle strutture dagli stessi, a sigillare giunti di opere in cls, e a risarcire fessurazioni nelle pavimentazioni e nelle strutture in elevazione sia di cemento armato sia in muratura. Queste resine, oltre che come consolidanti, potranno essere adoperate come protettivi e impermeabilizzanti: utilizzando l'acqua come reagente, si rileveranno confacenti per occlusioni verticali extramurari contro infiltrazioni. Questa classe di resine potrà essere considerata una buona alternativa alle resine epossidiche rispetto alle quali presentano una maggiore flessibilità ed una capacità di indurimento anche a 0 °C.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Composti a base di silicio**

Estere etilico dell'acido silicico (silicati di etile)

Sostanza monocomponente fluida, incolore, a bassa viscosità, dovrà essere applicata in diluizione in solventi organici in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campioni. Questi test serviranno, inoltre, da spia per determinare l'eventuale alterazione dell'opacità della pietra e della sua tonalità durante e subito dopo il trattamento. Precipita per idrolisi, dando alcool etilico come sottoprodotto; è una sostanza bassomolecolare a base inorganica in solvente organico. Ha una bassissima viscosità, per cui penetra in profondità anche in materiali poco porosi, è applicabile a pennello, a spruzzo con irroratori a bassa pressione, a percolazione. Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto; il trattamento potrà essere ripetuto dopo 2 o 3 settimane. Il supporto dovrà essere perfettamente asciutto, pulito e con una temperatura tra i 15 e i 20 °C.

Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti, e presenterà il vantaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, i tufi, le trachiti, ma anche su altri materiali artificiali quali i mattoni in laterizio, le terracotte, gli intonaci, gli stucchi, risultati positivi potranno essere ottenuti anche su materiali calcarei. Tale prodotto non risulta idoneo per il trattamento consolidante del gesso o di pietre gessose. Tra l'estere etilico dell'acido silicico e l'acqua che aderisce alle pareti dei capillari avviene una reazione che darà luogo alla formazione di gel di silice ossia un nuovo legante; come sottoprodotto si formerà alcol etilico che si volatilizzerà. La reazione chimica di consolidamento si completa entro circa 21-28 giorni dall'applicazione in condizioni normali (20 °C e 40-50% di umidità relativa).

Il consolidamento con silicato di etile dovrà rispondere ai seguenti requisiti fondamentali:

– prodotto monocomponente non tossico e di facile applicazione;

– ottima penetrazione nel supporto lapideo da trattare, dovuta al suo basso peso molecolare e alla scelta della miscela solventi;

– essiccamento completo senza formazione di sostenne secondarie appiccicose e di conseguenza nessuna adesione di depositi;

– formazione di sottoprodotti di reazione non dannosi al materiale trattato;

– formazione di un legante minerale, stabile ai raggi U.V., e affine al materiale lapideo;

– impregnazione senza effetto filmogeno di conseguenza il materiale lapideo trattato dovrà rimanere permeabile al vapore;

– assenza di variazioni cromatiche dei materiali lapidei trattati;

– il legante formatosi ($SiO_2$) si presenterà resistente agli acidi e pertanto resisterà alle piogge ed alle condense acide.

L'impregnazione con silicato di etile dovrà essere evitata (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui: il materiale da trattare non risultasse assorbente, in presenza sia di elevate temperature

(> 25 °C) che di basse temperature (< 10 °C), con U.R. non > 70% e, se si tratta di manufatto esposto a pioggia, nelle quattro settimane successive al trattamento per questo, in caso di intervento su superficie esterne, si renderà necessario la messa in opera di appropriate barriere protettive.

In caso di sovradosaggio sarà possibile asportare l'eccesso di materiale, prima dell'indurimento, con tamponi imbevuti di solventi organici minerali. Alcuni esteri silicici, miscelati con silossani, conferiscono una buona idrorepellenza al materiale trattato.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Composti inorganici**

Presentano, generalmente, una grande affinità con i materiali da trattare; risulteranno duraturi, ma irreversibili e poco elastici. La loro azione avverrà tramite l'infiltrazione, in forma liquida, nel materiale oggetto del trattamento dove, per evaporazione del veicolo, la componente minerale del composto, precipitando, darà vita ad una rete che si legherà alle particelle minerali circostanti. Le caratteristiche fisico-chimiche del legame saranno, quindi, simili (anche se non sempre uguali) a quelle del legante perduto o degradato.

A seguito all'uso dei consolidanti inorganici potranno insorgere i seguenti inconvenienti: scarsa penetrazione all'interno del materiale lapideo da trattare (potrà provocare il distacco della crosta superficiale alterata e consolidata), scarsa resistenza agli stress meccanici (imputabile alla loro rigidità e fragilità), scarsa efficienza

se la pietra risulterà totalmente decoesa da presentare fratture con distanze fra i bordi superiori a 100 micron.

**Idrossido di calce (calce spenta)**
La calce applicata alle malte aeree (ovvero sugli intonaci) e alle pietre calcaree in forma di latte di calce penetra nei pori riducendone il volume; aderendo alle superfici dei minerali componenti, dovrebbe presentare la capacità di risaldarli tra loro. Il Carbonato di Calcio di neoformazione[10], non eserciterà, tuttavia, la stessa azione cementante avvenuto durante il lento processo di carbonatazione della calce pertanto, la similitudine tra processo naturale e la procedura di consolidamento si limiterà ad essere un'affinità chimica.
Questo tipo di trattamento potrà presentare l'inconveniente di lasciare depositi biancastri di carbonato di calce sulla superficie dei manufatti trattati, che, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto (ovvero se previsto un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce ad es., scialbatura), dovranno essere rimossi. In linea di massima, il consolidamento a base d'Idrossido di Calcio potrà essere applicato su intonaci debolmente degradati, situati in luoghi chiusi o sottoposti a limitate sollecitazioni termiche e, in ogni modo, al riparo da acque ruscellanti e cicli di gelo/disgelo.
I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 17 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.
Idrossido di bario (barite)
L'idrossido di Bario potrà essere utilizzato su pietre calcaree chiare e per gli interventi indirizzati a porzioni di intonaco dipinte a buon fresco di dimensioni ridotte quando vi sia l'esigenza di neutralizzare prodotti gessosi di alterazione. I vantaggi di questo prodotto sono sostanzialmente relativi al legante minerale, che verrà introdotto nel materiale e nella desolfatazione che converte il CaSO4 (altamente solubile) in BaSO4 (insolubile)[11].
La porosità del materiale potrà essere ridotta solo parzialmente con il vantaggio nei riguardi dei meccanismi di alterazione legati all'assorbimento di acqua, ma non darà vita ad uno strato esterno impermeabile al vapore acqueo. Una controindicazione all'impiego di questo trattamento sarà rappresentata dal pericolo di sbiancamenti delle pietre o dei materiali scuri e nella formazione di patine biancastre superficiali, dovute alla precipitazione del Carbonato di Bario[12] causata dall'eventuale apporto diretto d'anidride carbonica. Questo "inconveniente" potrà essere facilmente evitato eliminando l'eccesso di Idrossido di Bario dalla superficie esterna dell'oggetto prima che precipiti il Carbonato di Bario. Sarà sconsigliato l'uso su materiali ricchi, oltre che di gesso, di altri sali solubili in modo da evitare possibili di combinazioni che potrebbero produrre azioni degradanti.
Il trattamento con Idrossido di Bario viene spesso effettuato attraverso l'applicazione di soluzioni al 5-6% di sale in acqua demineralizzata supportate in forma di impacco in polpa di cellulosa per tempi variabili da caso a caso (dalle dodici alle quarantotto ore a seconda della permeabilità del substrato). L'elevata alcalinità ne impedisce l'applicazione in corrispondenza di pigmenti a base di rame, di lacche, e di leganti organici, materiali altamente sensibili a variazioni di pH.
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 19.2 Impregnanti per la protezione e l'impermeabilizzazione***
Tali prodotti andranno applicati, solo in caso di effettivo bisogno, su murature e manufatti eccessivamente porosi esposti agli agenti atmosferici, all'aggressione di umidità da condensa, di microrganismi animali e vegetali. Le operazioni andranno svolte su superfici perfettamente asciutte con una temperatura intorno ai 20 °C. Si potranno applicare a pennello, ad airless, per imbibizione completa e percolamento. Gli applicatori dovranno agire con la massima cautela, dotati di adeguata attrezzatura protettiva, nel rispetto delle norme antinfortunistiche e di prevenzione.
I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in laboratorio o direttamente in cantiere:
– basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione;
– buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
– buona resistenza chimica in ambiente alcalino;
– assenza di effetti collaterali e della formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);

10[10] Sia la Calce idrata (Idrossido di Calcio, calce spenta) che il Bicarbonato di Calcio, in soluzione acquosa, precipitano dando Carbonato di Calcio; la Calce per reazione con l'anidride carbonica dell'aria: $Ca(OH)_2 + CO_2$ fi $CaCO_3 + H_2O$; il Bicarbonato di Calcio per decarbonatazione e disidratazione: $Ca(HCO_3)_2$ fi $CaCO_3 + CO_2 + H_2O$.

11[11] $CaSO_4 + Ba(OH)_2$ fi $Ca(OH)_2 + BaSO_4$

12[12] La reazione è: $Ba(OH)_2$ fi $CO_2 + BaCO_3 + H_2O$

– perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;
– traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%;
– non tossicità.
I protettivi più efficaci per i materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici e dei composti a base di silicio, la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate. Sarà sempre opportuno, ad applicazione, avvenuta, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) sulla riuscita dell'intervento onde verificarne l'effettiva efficacia.

**Composti organici**

Resine fluorurate

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine acril-siliconiche

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine poliuretaniche

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Composti a base di silicio**

Silani

Più precisamente alchil-alcossi-silani monomeri che date le ridotte dimensioni delle molecole (uguali a quelle dell'acqua), presenteranno ottima penetrabilità e saranno capaci di idrofobizzare i capillari più piccoli e di opporre resistenza alla penetrazione dei cloruri e dei sali solubili. Presenteranno la capacità di trattare superfici umide grazie alla possibilità di solubilizzazione in solventi polari quali alcoli ed acqua; generalmente utilizzati su supporti alcalini e silicei, risultano perciò convenienti su oggetti in cotto, materiali lapidei, tufo, intonaci in malta bastarda, mattoni crudi ecc.; il loro uso sarà sconsigliato su marmi carbonatici e intonaci di calce aerea. Normalmente saranno utilizzati in soluzioni di solvente con concentrazione in secco variabile dal 20% al 40% in peso; in casi particolari si potranno utilizzare anche al 10%.
Il loro impiego sarà, in ogni modo, abbastanza limitato in quanto la notevole volatilità del composto ed un'eventuale pioggia battente a breve distanza di tempo dal trattamento (in pratica prima della polimerizzazione) potranno di-staccare gran parte del prodotto applicato, con il conseguente onere, necessario, di una maggior quantità di prodotto per avere gli effetti richiesti; inoltre, presenteranno l'inconveniente di generare un effetto perlante.
Questi prodotti potranno essere miscelati con silicato d'etile al fine di combinare le caratteristiche di entrambe le sostanze.
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Sillossani (alchilsilossani oligomeri)

Più precisamente alchil-alcossi-silossani oligomerici ossia polimeri reattivi a basso peso molecolare. Potranno essere utilizzati sia in forma pura, cioè senza solvente, (in questo caso sarà consigliabile l'uso di monomeri piuttosto che quello di oligomeri o polimeri), sia in soluzione di solvente organico (generalmente con contenuto attivo del 5-10% in peso). Si rileverà efficace l'utilizzo su supporti compatti e scarsamente assorbenti; in funzione della loro particolare struttura chimica saranno in grado di infiltrarsi all'interno dei più fini capillari con un'elevata diffusione. Oltre all'ottima capacità di penetrazione i suddetti prodotti dovranno presentare le seguenti caratteristiche:
– elevata stabilità agli alcali ed ai raggi ultravioletti;
– passaggio invariato del vapore acqueo delle superfici trattate consegnate all'assenza di formazione di pellicola superficiale e nessuna occlusione dei capillari o dei pori dei supporti trattati;
– essiccazione fuori polvere per sola emissione del solvente veicolante;
– assenza di sottoprodotti di reazione, dandosi ai manufatti trattati;
– possibilità di trattamento di superfici leggermente umide;
– assenza di variazioni cromatiche delle superfici trattate.
Il trattamento ai silossani modificherà lo stato di tensione superficiale del sottofondo in modo tale che le gocce di pioggia scorreranno sulla superficie verticale senza imbibirla; inoltre, il trattamento non creerà una

pellicola continua sul supporto, lasciando in questo modo al sottofondo la possibilità di traspirare, senza modificare l'equilibrio. L'elevata riduzione d'assorbimento dei sali da parte dei manufatti impregnati con silossani renderà il trattamento particolarmente indicato nei casi di risalita capillare nelle murature. Due, essenzialmente, saranno i fattori determinanti in favore dei silossani rispetto a silani: ovvero la più celere reazione per formare la materia attiva e la non perdita di materiale causata dall'evaporazione.
Questi prodotti potranno essere miscelati con silicato di etile al fine di combinare le caratteristiche di entrambe le sostanze, orientativamente una miscela idrorepellente consolidante potrà essere composta da il 7% di silossani ed il 60% di silicato di etile.
Gli alchilsilossani oligomeri potranno essere utilizzati anche in micro emulsioni acquose i componenti di una microemulsione saranno:
– una fase acquosa che costituiranno il liquido disperdente;
– una fase oleosa composta sa silani, silossani e polisilossani;
– -un emulsificante formato da polisilossani con gruppi funzionali a base di acetato di ammonio, lo sviluppo di acido acetico da questo composto durante l'essiccazione serve da agente catalitico dei siliconi;
– un co-emulsionante costituito da silani e silossani a basso peso molecolare
I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

**Composti a base naturale**

Olio di lino e Cere

*L'olio di lino* è un prodotto essiccativo costituito per l'85-90% da gliceridi degli acidi grassi non saturi. Gli olii essiccativi si useranno, se non diversamente specificato, dopo essere stati sottoposti a una particolare cottura allo scopo di esaltarne il potere essiccativo. L'olio di lino dopo la cottura (a 150-300 °C) dovrà presentarsi ben depurato, con un colore giallo-bruno rossastro perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima ammessa dovrà essere in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15 °C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93. Troverà utilizzo prevalentemente per l'impregnazione del legno, di pavimenti e materiali in cotto.
Le cere potranno essere divise in tre categorie secondo la loro derivazione:
– *cere animali* derivanti da secrezioni animali o contenute in alcune parti di essi come nei cetacei, la più utilizzata è la cera d'api simile alle sostanze grasse, pur essendo di costituzione chimica diversa, non contiene glicerina e, a differenza dei grassi, saponifica difficilmente. È di colore giallo intenso, più o meno scura, rammollisce a circa 35 °C, fonde a ca. 62 °C e solidifica a 61 °C, pH 20,7; infiammabile brucia senza lasciare residuo; insolubile in alcool freddo solubile a calco in essenza di trementina negli oli grassi, benzene, cloroformio ecc., insolubile in acqua ma permeabile al vapore. Questi tipi di cera solubilizzeranno anche a distanza di tempo pertanto si rilevano reversibili;
– *cere vegetali* contenute all'interno o in superficie di fibre vegetali, più dure delle cere animali e presentano un'alta brillantezza (cera di cotone, di lino, di tabacco ecc.): cera carnuba (detta anche cera brasiliana), è un prodotto molto pregiato di colore giallo verdastro pallido o grigio giallognolo prodotto ricavato dall'essudazione delle foglie della palma del Brasile (copernicia cerifera o corypha cerifera), si presenta in pezzi duri ma fragili a seconda dell'untuosità al tatto si classifica grassa o magra. Solubile a caldo nei comuni solventi organici tipo alcool etilico, benzene, trementina, ragia minerale ecc.; punto di fusione 82-85 °C. di norma difficilmente solubile a freddo, resistente e brillante sovente utilizzata per aumentare il punto di fusione delle altre cere o per dare più lucentezza e durezza ovvero per diminuire l'effetto appiccicoso;
– *cere minerali* possono essere di origine fossile (cera montana, ozocerite) o frutto di sintesi del petrolio (paraffine): *cera microcristallina* miscela d'idrocarburi alifatici saturi a peso molecolare medio alto, punto di fusione da 90 °C a 95 °C, punto di goccia 106-110 °C, si presenta come piccole scaglie bianche o leggermente giallognole con una particolare struttura microcristallina. Particolarità positive risiedono nell'elevato potere adesivo a freddo, l'inerzia chimica, ottima reversibilità ed idrorepellenza. Poco solubili a freddo nei solventi polari solubili a caldo e a freddo nei solventi clorurati e nell'essenza di trementina.
Le cere potranno essere impiegate in forma di soluzione o dispersione. Tutte le cere troveranno, in ogni caso, impiego ristretto nel trattamento dei materiali lapidei e porosi a causa dell'ingiallimento e dell'opacizzazione delle superfici trattate; inoltre, in presenza di umidità e carbonato di calcio, potranno dare luogo alla formazione di saponi che scoloriranno l'oggetto trattato. Se non diversamente specificato non andranno utilizzati su manufatti in esterno, esposti agli agenti atmosferici in quanto poco resistenti e possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti. Le cere potranno trovare utilizzo nei trattamenti protettivi per strutture in legno e manufatti in cotto.
Oli e cere dovranno essere, se non diversamente specificato, applicati a pennello.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

***Art. 19.3 Impregnanti per interventi di deumidificazione***

La tipologia dei formulati impregnanti per questo tipo di trattamenti sarà varia (silossano oligomero in solvente alifatico dearomatizzato, microemulsione silosillanica in solventi eteropolari idrolizzati, silano in acqua demineralizzata ecc.), le caratteristiche che accrediteranno una buona miscela idrofobizzante dovranno essere:

– bassa tensione superficiale, bassa viscosità, basso peso specifico e buon potere bagnante al fine di conferire la massima facilità di penetrazione del liquido nella muratura;

– bassa velocità di polimerizzazione e capacità di polimerizzazione anche in presenza di acqua per consentire un rapido funzionamento della barriera ed evitare che, nel tempo successivo all'operazione, agenti estranei ne disperdano l'efficacia;

– valore di pH nullo, assenza di componenti tossici, nessuna efflorescenza in asciugatura.

In ogni caso i formulati dovranno rispettare i requisiti richiesti dalla Raccomandazione NorMaL 20/85.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 16 ("Materiali impregnanti – Generalità") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste

## Art. 20. Materiali vari

***Art. 20.1 Materiali vari per consolidamento***

**Alcool polivinilico**

Sostanza ad alto peso molecolare, solubile in acqua, alla quale si impartisce forte viscosità e proprietà emulsionanti. Si rileva poco solubile in solventi organici viene sovente utilizzato in miscele di acqua e alcool etilico denaturato (in soluzioni dal 3 al 10%) nelle operazioni di preconsolidamento per fissaggi di scaglie e/o frammenti oppure per fissaggi mediante velinature con garza di cotone o carta giapponese.

**Acetato di polivinile**

Resina sintetica termoplastica, preparata per polimerizzazione dell'acetato di vinile, a sua volta ottenuto da acetilene e acido acetico. Utilizzata in soluzione dal 3 al 10% in alcool etilico o isopropilico oppure in miscele a base di acido etilico denaturato e acqua come fissativo di pellicole pittoriche o per eseguire "ponti di cucitura" di frammenti scaglie decoese. Punto di rammollimento 155-180 °C, viscosità a 20 °C della soluzione 20% in estere etilico dell'acido acetico 180-240 mPas.

**Polyfilla**

Stucco riempitivo per esterni o interni da impastare con acqua (2-2 1/2 parti in polvere con 1 parte di acqua), privo d amianto e resistente all'acqua, applicabile con temperature variabili da 5 a 30 °C. Può essere impiegato per stuccare lesioni, fessure, cavillature, per pareggiare superfici o per ripristini di modeste dimensioni. La polyfilla presenta un'elevata durezza dopo l'essiccazione (minimo 6 ore) conservando la forma datagli. Questo stucco può essere colato, colorato, modellato e, dopo l'essiccamento, intagliato, levigato e lucidato.

***Art. 20.2 Materiali vari premiscelati***

**Malta premiscelata per iniezioni di consolidamento e riadesione di intonaci**

La malta da iniezione dovrà essere composta da calci naturali e leganti idraulici speciali, chimicamente stabili ed a bassissimo contenuto di sali solubili, inerti silicei, ardesia, pozzolana superventilata e da una speciale combinazione di additivi fluidificanti, ritentivi ed aeranti. La speciale formulazione, prodotta in dispersione planetaria 1/10.000 per un tempo inferiore a 20 minuti, dovrà formare un premiscelato omogeneo di colore grigio chiaro. Il prodotto, dovrà, inoltre, presentare un'ottima penetrabilità nelle murature senza preliminare bagnatura dei supporti, facile pulitura delle fuoriuscite, compatibilità chimico/meccanica con calce e pozzolana, bassa resistenza meccanica, assenza di efflorescenze anche in ambienti molto umidi. La malta dovrà essere impastata energicamente (per circa 3 minuti) con acqua demineralizzata (sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto). Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe con aghi di tipo veterinario (diametro di uscita superiore ai 2 mm).

Il premiscelato, per la particolarità dell'applicazione, deve essere sperimentato da almeno 10 anni in ricerche promosse dal Ministero BB.AA.CC. Del prodotto utilizzato dovranno essere dichiarate le principali caratteristiche chimico-fisiche, i luoghi e la data dell'avvenuta sperimentazione. Il produttore dovrà, inoltre, fornire gli elaborati relativi all'attività di ricerca svolta, ratificati dall'Ente pubblico preposto al controllo della stessa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,02 kg/dm³, lavorabilità 1 h, essudamento assente, aderenza 0,8 N/mm², inizio presa a +20 °C 24 h, fine presa a +20 °C 48 h, resistenza a compressione a 28 gg 6 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 2 N/mm², modulo elastico 5000 N/mm², ritiro 0,7-1,8 mm, ritenzione acqua > 80%, permeabilità al vapore 6 m; ritiro 0,7-1,8 mm.

**Malta premiscelata per riadesione e riempimento di vuoti a basso peso specifico**

La malta da iniezione dovrà presentare basso peso specifico (0,4 kg/dm³) e basse resistenze meccaniche così da risultare idonea per eseguire riempimenti di grosse cavità presenti fra strati di intonaco (3-4 cm), sigillatura di lesioni superficiali, reincollaggio di parti di intonaco degradate e friabili, riadesione di elementi privi di funzioni statiche e non appesantibili. L'impasto dovrà essere composto da calci naturali e leganti idraulici speciali (C30), chimicamente stabili ed a bassissimo contenuto di sali solubili, pozzolana, perlite ventilata ed una particolare combinazione di additivi fluidificanti, ritentivi ed aeranti. La speciale formulazione, prodotta in dispersione planetaria 1/10.000 per un tempo inferiore a 20', dovrà formare un premiscelato omogeneo di colore bianco. La malta può essere additivata con microfibre al fine di migliorarne le caratteristiche meccaniche in impieghi particolari; in ogni caso dovrà essere impastata energicamente (con trapano elettrico a bassa velocità per circa 6-8 minuti) con acqua demineralizzata (sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto). Se non diversamente specificato, questi prodotti dovranno essere iniettati entro 30 minuti dalla preparazione. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe di tipo veterinario prive di ago (diametro di uscita superiore ai 6 mm).

Il premiscelato, per la particolarità dell'applicazione, deve essere sperimentato da almeno 10 anni in ricerche promosse dal Ministero BB.AA.CC. Del prodotto utilizzato dovranno essere dichiarate le principali caratteristiche chimico-fisiche, i luoghi e la data dell'avvenuta sperimentazione. Il produttore dovrà, inoltre, fornire gli elaborati relativi all'attività di ricerca svolta, ratificati dall'Ente pubblico preposto al controllo della stessa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 0,4 kg/dm³, lavorabilità 4 h, essudamento assente, aderenza 0,9 N/mm², inizio presa a +20 °C 20 h, fine presa a +20 °C 44 h, resistenza a compressione a 28 gg 31 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 8 N/mm², modulo elastico 5200 N/mm², ritiro 0,4-1,2 mm, ritenzione acqua > 85%, permeabilità al vapore 3 m; ritiro 0,4-1,2 mm.

**Malta premiscelata per iniezione di consolidamento strutturale**

La malta per iniezioni dovrà essere a base di calce idraulica naturale, priva di sali solubili, rafforzata con metacaolino purissimo ad alta reattività pozzolanica (od in alternativa con polvere di coccio pesto) caricata con carbonato di calcio scelto e micronizzato, (o perlite superventilata se si ricerca una malta a basso peso specifico) a cui andranno aggiunti additivi quali ritenitori d'acqua di origine naturale e superfluidificanti al fine di poter iniettare la miscela a bassa pressione. Se non diversamente specificato l'acqua da utilizzare nell'impasto dovrà, essere demineralizzata. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto, possibilmente demineralizzata, e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,4 kg/dm³, lavorabilità 2 h, bleending trascurabile, aderenza 1,4 N/mm², inizio presa a +20 °C 18 h, fine presa a +20 °C 72 h, resistenza a compressione a 28 gg 13 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 3,5 N/mm², modulo elastico 11000 N/mm², temperatura massima durante l'indurimento < 30 °C, ritiro 0,7-1,2 µm, ritenzione acqua > 70%, permeabilità al vapore 9 µ.

**Malta premiscelata per betoncino di collaborazione statica**

La malta dovrà presentare un modulo elastico basso così da limitare eventuali inconvenienti legati all'instabilizzazione per carico di punta; a tal fine si potranno utilizzare malte a base di calce idraulica naturale caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es., pozzolana, metacaolino, coccio pesto ecc.), sabbie silicee (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta di additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) ed espansivi minerali (così da controllare il ritiro igronometrico).

Le malte, a ritiro compensato, da utilizzare per i betoncini dovranno, in ogni caso, presentare le seguenti caratteristiche: granulometria inerti 0,1-2,0 mm, inizio presa 5 h, fine presa 15 h, resistenza a compressione a 28 giorni > 18 N/mm²; modulo elastico a 28 giorni <15000 N/mm²; espansione contrastata a 7 giorni > 300 µm/m; coefficiente di permeabilità al vapore < 150 µ.

L'utilizzo di premiscelati a base di calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà capacità di traspirazione delle pareti.

**Malta premiscelata a base di calce idraulica naturale da rinzaffo**

Il rinzaffo, che dovrà essere applicato a copertura totale del supporto, sarà costituito da una malta a grana grossa, costituita esclusivamente da materie prime naturali quali legante di pura calce idraulica naturale NHL

3.5, calce idraulica HL 5, pozzolana naturale micronizzata, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-2,5 mm. Le caratteristiche richieste, ottenute esclusivamente con l'impiego di materie prime di origine rigorosamente naturale, dovranno garantire una totale resistenza ai sali (Tabella 1- ASTM C 1012-95a ? 0,034%). La malta da rinzaffo dovrà soddisfare i requisiti della norma EN 998/1 - GP/CS III / W1, adesione 0,7 N/mm², reazione al fuoco classe A1. Il rinzaffo avrà uno spessore medio di 10 mm ed una finitura a rustico in unico strato strollato. L'applicazione, eseguita a mano dovrà avere una resa media circa 15 kg/m² per centimetro di spessore.
Le caratteristiche finali dell'impasto dovranno essere: coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua (m) ? 20 EN 1015-19; assorbimento d'acqua per capillarità Categoria W1 EN 998-1; profondità d'infiltrazione dell'acqua 1 h ? 5 mm EN 1015-18; profondità d'infiltrazione dell'acqua 24 h ? 20 mm EN 1015-18; reazione al fuoco Classe A1 EN 13501-1; resistenza a compressione a 28 gg Categoria CS III EN 998-1; aderenza al supporto (laterizio) ? 0,7 N/mm² - FP: B EN 1015-12; resistenza ai solfati (Tabella 1 ? 0,034%) Superata ASTM C 1012-95a; conducibilità termica (I 10, dry) 0,83 W/mK (valore tabulato) EN 1745; durabilità (al gelo-disgelo) valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta EN 998-1; indice di radioattività I = 0,27 UNI 10797/1999.

**Malta premiscelata a base di calce idraulica naturale da arriccio**

L'arriccio, che dovrà essere steso al fine di realizzare uno strato "protettivo e deumidificante" ad altissima porosità, igroscopicità, traspirabilità e ridotto assorbimento capillare d'acqua, sarà costituito da una malta a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5, pozzolana naturale extrafine e inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-2,5 mm. Le caratteristiche richieste, ottenute esclusivamente con l'impiego di materie prime di origine rigorosamente naturale, dovranno garantire un'altissima traspirabilità dell'intonaco (coefficiente di resistenza al vapore acqueo m ? 3), un'elevata porosità della malta indurita (? 40%), una naturale conducibilità termica (pari a 0,47 W/mK), una notevole aria occlusa in fase d'impasto (? 25%), una totale resistenza ai sali (WTA 2-2-91/0 Superata) e una ridotta profondità d'infiltrazione d'acqua (nelle 24 h ? 5 mm). L'impasto dovrà soddisfare i requisiti della norma EN 998/1 - R/CS II/W24 ? 0,3 kg/m², adesione 0,2 N/mm², reazione al fuoco classe A1. L'intonaco dovrà avere uno spessore minimo di 20 mm, costituito da due strati dello spessore medio di 10 mm, ed una finitura a rustico fine. L'applicazione, eseguita a mano, dovrà avere una resa media di circa 12 kg/m² per ogni centimetro di spessore.
Le caratteristiche finali dell'impasto dovranno essere: coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua (m) ? 3 EN 1015-19; assorbimento idrico capillare W24 ? 0,3 kg/m² EN 1015-18; profondità d'infiltrazione dell'acqua 24 h ? 5 mm EN 1015- 18; porosità ? 40% WTA 2-2-91/D; reazione al fuoco Classe A1 EN 13501-1; resistenza a compressione a 28 gg Categoria CS II EN 998-1; aderenza al supporto (laterizio) ? 0,2 N/mm² - FP: B EN 1015-12; rapporto resistenza compressione/flessione ? 3 WTA 2-2-91/D; resistenza ai sali Superata WTA 2-2-91/D; conducibilità termica (I 10, dry) 0,47 W/mK (valore tabulato) EN 1745; durabilità (al gelo-disgelo) valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta EN 998-1; indice di radioattività I = 0,30 UNI 10797/1999.

## Art. 21. Materiali per coperture

**Generalità**

Si definiscono prodotti per le coperture quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari.
Per la realizzazione delle coperture discontinue nel loro insieme si rinvia all'articolo sull'esecuzione delle coperture discontinue. I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; la D.L. ai fini della loro accettazione potrà procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate negli articoli specifici.
Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati saranno quelli indicati nelle norme UNI vigenti e in mancanza di queste ultime quelli indicati dalle norme estere o internazionali.

***Art. 21.1 Tegole e coppi di laterizio***

Le tegole e coppi di laterizio per coperture ed i loro pezzi speciali si intenderanno denominate secondo le dizioni commerciali usuali (marsigliese, coppo, embrice ecc.). I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto, alle specifiche di cui alla norma UNI EN 1304 ("Tegole di laterizio per coperture discontinue – Definizioni e specifiche di prodotto") e in mancanza e/o a completamento alle prescrizioni di seguito riportate:

a) i difetti visibili potranno essere ammessi nei seguenti limiti:

– le fessure non dovranno essere visibili o rilevabili a percussione;

– le protuberanze e scagliature non dovranno avere diametro medio (tra dimensione massima e minima) maggiore di 15 *mm* e non dovrà esserci più di 1 protuberanza; è ammessa 1 protuberanza di diametro medio tra 7 e 15 *mm* ogni 2 *dm²* di superficie proiettata;

– sbavature tollerate purché non limitino il corretto assemblaggio;
– l'esame dell'aspetto e della confezione dovrà avvenire secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-1;
b) sulle dimensioni nominali e forma geometrica saranno ammesse le seguenti tolleranze:
– lunghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-2): ± 3%;
– larghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-3):± 3% per tegole e ± 8% per coppi;
c) lo spessore dovrà essere determinato secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-5;
d) la planarità, l'ortometria e la rettilineità dei bordi ed il profilo dovranno essere determinati secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635, rispettivamente ai punti 5, 6 e 7;
e) sulla massa convenzionale (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-8) sarà ammessa una tolleranza del 15%;
f) l'impermeabilità (norme UNI 8635-10 e UNI EN 539-1) dovrà essere tale da non permettere la caduta di goccia d'acqua dall'intradosso;
g) la resistenza a flessione (forza F singola), misurata secondo le modalità di cui alla norma UNI EN 538, dovrà essere maggiore di 1000 N;
h) per il carico di rottura (norma UNI 8635-13) il valore singolo della forza F dovrà essere maggiore di 1000 N ed il valore medio maggiore di 1500 N.
I criteri di accettazione saranno quelli dell'articolo 19 ("Materiali per coperture – Generalità") del presente Capo; in caso di contestazione si procederà secondo quanto indicato nell'ultimo periodo del suddetto articolo.
I prodotti dovranno essere forniti su appositi *pallets*, legati e protetti da azioni meccaniche e chimiche nonché dalla sporcizia che potrebbe degradarli durante la fase di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Gli imballi, solitamente di materiale termoretraibile, dovranno contenere un apposito foglio informativo che segnali almeno il nome del fornitore e le indicazioni dei commi da a) ad h) nonché eventuali istruzioni complementari.

## Art. 22. Materiali per impermeabilizzazione

**Generalità**
Dovranno essere intesi come prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane quelli che si presenteranno sotto forma di:
a) membrane bituminose in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato, si potranno scegliere in base al:
– materiale componente (ad es.: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato ecc.);
– materiale di armatura inserito nella membrana (ad es.: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile ecc.);
– materiale di finitura della superficie superiore (ad es.: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie ecc.);
– materiale di finitura della superficie inferiore (ad es.: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile ecc.);
b) membrane e vernici liquide e/o in pasta da mettere in opera a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in situ una membrana continua; si potranno classificare in:
– mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
– asfalti colati;
– malte asfaltiche;
– prodotti termoplastici;
– soluzioni in solvente di bitume;
– emulsioni acquose di bitume;
– prodotti a base di polimeri organici;
c) membrane ondulate o microdogate sottocoppo o sottotegola, di norma realizzate in fibrocemento o in fibre organiche resinate;
d) membrane bugnate estruse in polietilene ad alta densità.
I prodotti di seguito elencati, dovranno essere valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, si potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

***Art. 22.1 Membrane ondulate***
Le membrane o meglio le lastre ondulate o microdogate da utilizzare come sottotegola o sottocoppo potranno essere costituite da:
a) monostrato di fibre organiche bitumate e resinate spessore variabile da 2,4 a 2,6 mm;

b) lastra lamellare multistrato successivamente bitumata sottovuoto spessore da 1,8 a 2,2 mm;
c) lastra in fibrocemento ecologico spessore circa 6,5 mm; le lastre potranno presentare, lungo l'asse longitudinale di ogni singola onda, una reggetta in polipropilene ad aderenza migliorata.
Le suddette tipologie di lastre sottocoppo dovranno comunque assicurare le seguenti caratteristiche tecniche:
– ventilazione dell'assito di copertura sottostante i coppi e le tegole;
– adeguato isolamento termico alla copertura;
– essere indeformabili, fonoassorbenti e imputrescibile ed impermeabili all'acqua;
– presentare un'elevata resistenza meccanica ai cicli di gelo e disgelo;
– garantire (grazie all'opportuna sagomatura specifica per la tipologia di manto) un perfetto alloggiamento dei coppi o delle tegole di copertura.
I criteri d'accettazione saranno quelli indicati nell'art. 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

## Art. 23. Materiali per rivestimenti e/o trattamento lacune interni ed esterni

Si definiscono prodotti per rivestimenti quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti, facciate) ed orizzontali (controsoffitti) del fabbricato.
I prodotti potranno essere distinti:
– a seconda del loro stato fisico in:
• fluidi o pastosi (intonaci, malte da stuccatura, tinture, pitture ecc.).
• rigidi (rivestimenti in pietra, ceramica, alluminio, gesso ecc.);
• flessibili (carte da parati, tessuti da parati ecc.);
– a seconda della loro collocazione:
• per esterno;
• per interno.
– a seconda della loro collocazione nel sistema di rivestimento:
• di fondo;
• intermedi;
• di finitura.
I prodotti di seguito elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.
**Prodotti fluidi o in pasta**
Impasti: intonaci, malte da stuccatura o da ripristino ovverosia composti realizzati con malta costituita da un legante (grassello di calce, calce idrata, calce idraulica naturale, cemento, gesso) o da più leganti (malta bastarda composta da grassello di calce e calce idraulica naturale rapporto 2-3:1; calce idraulica naturale e cemento rapporto 2-1:1; grassello di calce e gesso; calce idraulica naturale e gesso) da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, coccio pesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, secondo le prescrizioni di progetto, da 1:3 a 1:1; la malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

**Tabella 23.1** Composizione indicativa in volume di malte a base di calce

| Leganti | | Inerti | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calce area in pasta | Calce idraulica naturale | Sabbione | Sabbia grana fine | Pietra calcarea macinata gr. media | Polvere di marmo | Coccio pesto macinato gr. media | Coccio pesto macinato gr. fine | Pozzolana |
| | 1 | | 2 | | | | | |
| 2 | 1 | 5 | | | | | | |
| 1 | | | | | 2 | | | |
| 0,5 | 0,5 | | | 2 | | 1 | | |
| 1 | | | | | | | | 3 |
| | 3 | | 1 | | | | | 2 |
| 3 | 1 | 4 | | | | 4 | | |
| 1 | | | 1 | | | | 2 | |
| 0,5 | 0,5 | | 1 | 1 | | 1 | | |
| | 1 | | 2 | | | | | 1 |
| 2 | 1 | | 1 | | | | 4 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,50 | | 1 | | 2 | | | |
| 1 | | | | | | | 1,5 | |
| 1 | 0,5 | 0,5 | | 2 | 1 | 1 | | |
| 0,5 | 0,5 | | 2 | 1 | | | | |
| 1 | 1 | | 2 | 2 | | | | 1 |
| 0,5 | 0,5 | | | | 0,25 | | | 1 |
| Sabbione asciutto (granulometria: 2 parti 1,5-5 mm+1 parte 0,5-1,2) | | | | | | | | |
| Sabbia vagliata fine (granulometria 0,5 a 0,8 mm) | | | | | | | | |

**Tabella 23.2** Composizione indicativa in volume di malte bastarde (calce + cemento)

| **Legante** | | | **Inerte** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calce area in pasta | Calce idraulica naturale | Cemento bianco | Sabbione | Sabbia grana fine | Polvere di marmo | Coccio pesto macinato gr. media | Coccio pesto macinato gr. fine | Pietra calcarea macinata gr. media |
| | 1 | 2 | 5 | | | | | |
| | 2 | 1 | 6 | | | | | |
| 1 | | 0,10 | 2,5 | | | | | |
| 1 | | 0,25 | | 0,25 | | | 2 | |
| 0,25 | 1 | 0,25 | | 2 | 1 | | | |
| 0,50 | | 0,50 | | | 1 | 1 | | |
| 1 | 0,50 | 0,50 | | | 4 | | | |
| 2 | | 0,50 | | | 3 | | | |
| 2 | | 0,50 | | | | 4 | | |

| **Legante** | | | **Inerte** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calce area in pasta | Calce idraulica naturale | Cemento bianco | Sabbione | Sabbia grana fine | Polvere di marmo | Coccio pesto macinato gr. media | Coccio pesto macinato gr. fine | Pietra calcarea macinata gr. media |
| 0,50 | | 0,50 | | | 1 | 1 | | 1 |
| 0,50 | | 0,50 | | 1 | 1 | | | 1 |
| | 0,50 | 0,50 | | | 0,25 | 1 | | |
| | 0,50 | 0,50 | | 2 | | | | 1 |
| 0,50 | 0,50 | 1 | 1 | | | 1 | | 0,75 |

Gli impasti sopra descritti dovranno possedere le caratteristiche indicate nel progetto e quantomeno le caratteristiche seguenti:
– presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con eventuali parti limitrofe (specialmente nel caso di rappezzo di intonaco). La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell'impasto (granulometria inerte, tipologia di legante ecc.);
– avere una consistenza tale da favorire l'applicazione;
– aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di *slump* e legarsi opportunamente a questa durate la presa;
– essere sufficientemente resistente per far fronte all'erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;
– contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse);
– opporsi al passaggio dell'acqua, non realizzando un rivestimento di sbarramento completamente impermeabile, ma garantendo al supporto murario la necessaria traspirazione dall'interno all'esterno;
– presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.
Per ulteriori indicazioni inerenti la caratterizzazione e la composizione di una malta da utilizzare in operazioni di restauro si rimanda a quanto enunciato nelle norme UNI 10924, 11088-89.

Per i prodotti forniti premiscelati la rispondenza alle norme UNI vigenti sarà sinonimo di conformità alle prescrizioni predette; per gli altri prodotti varranno i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla D.L.
Prodotti vernicianti: i prodotti applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formeranno una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie. Si distingueranno in:
– tinte, se non formeranno pellicola e si depositeranno sulla superficie;
– impregnanti, se non formeranno pellicola e penetreranno nelle porosità del supporto;
– pitture, se formeranno pellicola ed avranno un colore proprio;
– vernici, se formeranno pellicola e non avranno un marcato colore proprio;

– rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), avranno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato. Questo ultimo tipo di rivestimento dovrà essere utilizzato solo dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi di tutela del manufatto oggetto di trattamento.
I prodotti vernicianti dovranno possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche, in funzione delle prestazioni loro richieste:
– dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;
– avere funzione impermeabilizzante;
– presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica con il supporto;
– essere traspiranti al vapore d'acqua;
– impedire il passaggio dei raggi U.V.;
– ridurre il passaggio della $CO_2$;
– avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco (quando richiesto);
– avere funzione passivante del ferro (quando richiesto);
– resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
– resistere (quando richiesto) all'usura.
I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto od in mancanza quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla D. L. I dati si intenderanno presentati secondo le norme UNI 8757 e UNI 8759 ed i metodi di prova saranno quelli definiti nelle norme UNI vigenti.

**Prodotti rigidi**
a) Per le piastrelle di ceramica varrà quanto riportato nell'art. 10.2 ("Piastrelle di ceramica per pavimentazioni") del presente Capo, tenendo conto solo delle prescrizioni valide per le piastrelle da parete.
b) Per le lastre di pietra varrà quanto riportato nel progetto circa le caratteristiche più significative e le lavorazioni da apportare. In mancanza o ad integrazione del progetto varranno i criteri di accettazione generali indicati nell'art. 9 "Pietre naturali e ricostruite" integrati dalle prescrizioni date nell'art. 10.3 "Prodotti pietra naturale per pavimentazioni" (in particolare per le tolleranze dimensionali e le modalità di imballaggio). Dovranno, comunque, essere previsti gli opportuni incavi, fori ecc. per il fissaggio alla parete e gli eventuali trattamenti di protezione.
c) Per gli elementi di metallo o materia plastica varrà quanto riportato nel progetto. Le loro prestazioni meccaniche (resistenza all'urto, abrasione, incisione), di reazione e resistenza al fuoco, di resistenza agli agenti chimici (detergenti, inquinanti aggressivi ecc.) ed alle azioni termoigrometriche saranno quelle prescritte in norme UNI in relazione all'ambiente (interno/esterno) nel quale saranno collocati ed alla loro quota dal pavimento (o suolo), oppure in loro mancanza varranno quelle dichiarate dal fabbricante ed accettate dalla D.L. Saranno, inoltre, predisposti per il fissaggio in opera con opportuni fori, incavi ecc. Per gli elementi verniciati, smaltati ecc. le caratteristiche di resistenza all'usura, ai viraggi di colore ecc. saranno riferite ai materiali di rivestimento. La forma e costituzione dell'elemento saranno tali da ridurre al minimo fenomeni di vibrazione, produzione di rumore tenuto anche conto dei criteri di fissaggio.
d) Per le lastre di cartongesso si rinvia all'art. 23 ("Materiali e partizioni interne") del presente Capo.
e) Per le lastre di fibrocemento si rimanda alle prescrizioni date nell'art. 19.5 ("Materiali per coperture") del presente Capo.

**Prodotti flessibili**
a) Le carte da parati dovranno rispettare le tolleranze dimensionali dell'1,5% sulla larghezza e lunghezza; garantire resistenza meccanica ed alla lacerazione (anche nelle condizioni umide di applicazione); avere deformazioni dimensionali ad umido limitate; resistere alle variazioni di calore e quando richiesto avere resistenza ai lavaggi e reazione o resistenza al fuoco adeguate. Le confezioni dovranno riportare i segni di riferimento per le sovrapposizioni, allineamenti (o sfalsatura) dei disegni ecc.; inversione dei singoli teli ecc.
b) I tessili per pareti devono rispondere alle prescrizioni elencate nel punto a) con adeguato livello di resistenza e possedere le necessarie caratteristiche di elasticità ecc. per la posa a tensione.
Per entrambe le categorie (carta e tessili) la rispondenza alle norme UNI EN 233, 235 sarà considerata rispondenza alle prescrizioni del presente articolo.

## CAPO 2. SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO E DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

(ART. 43, COMMA 3, LETTERA B), DEL REGOLAMENTO GENERALE)

### Art. 24. Attivazione del cantiere

Prima dell'inizio effettivo dei lavori, l'Appaltatore deve predisporre e consegnare alla direzione lavori un programma esecutivo dei lavori; tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla Direzione dei Lavori.
In linea generale, l'appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo a lui più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale purché a giudizio della direzione dei lavori ciò non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere e agli interessi della stazione appaltante.
Al momento della consegna dei lavori l'appaltatore dovrà verificare la rispondenza con il progetto richiedendo gli eventuali chiarimenti necessari alla piena comprensione di tutti gli aspetti utili finalizzati al corretto svolgimento dei lavori da eseguire. Qualora, durante la consegna dei lavori, non dovessero emergere elementi di discordanza tra lo stato dei luoghi e gli elaborati progettuali o l'appaltatore non dovesse sollevare eccezioni di sorta, tutti gli aspetti relativi al progetto e al suo posizionamento sull'area prevista devono intendersi come definitivamente accettati nei modi previsti e indicati negli elaborati progettuali.
Durante l'esecuzione delle opere sarà onere dell'appaltatore provvedere alla conservazione delle opere ed alla recinzione delle aree interessate dai lavori da eseguire.
Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e guardia sia diurna che notturna del cantiere e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso nonché delle opere eseguite o in corso di esecuzione. Tale vigilanza si intende estesa anche al periodo intercorrente tra l'ultimazione e il collaudo provvisorio dei lavori, salvo l'anticipata consegna delle opere alla stazione appaltante e per le sole opere consegnate. Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura, nel cantiere o in luogo prossimo, del locale ad uso ufficio idoneamente rifinito e fornito dei servizi necessari.

### Art. 25. Ponteggi

Al fine di poter eseguire i lavori in quota in base al progetto ed agli accordi con la Direzione dei Lavori, intorno ai prospetti dell'edificio, per la lunghezza e altezza richiesti, si dovrà eseguire un ponteggio a telaio metallico dotato di tutti gli accessori.
Il ponteggio e le strutture provvisorie di lavoro dovranno essere realizzati in completa conformità con la normativa vigente per tali opere, nel rispetto delle norme antinfortunistiche e rispettando le seguenti specifiche: il montaggio sarà effettuato da personale specializzato che disponga di attrezzature idonee; gli elementi metallici (aste, tubi, giunti, appoggi) dovranno essere contrassegnati con il marchio del costruttore; sia la struttura nella sua interezza che le singole parti dovranno avere adeguata certificazione ministeriale; tutte le aste di sostegno dovranno essere in profilati senza saldatura; il ponteggio dovrà essere munito di controventature longitudinali e trasversali in grado di resistere a sollecitazioni sia a compressione che a trazione; dovranno essere verificati tutti i giunti tra i vari elementi, il fissaggio delle tavole dell'impalcato, le protezioni per il battitacco, i corrimano e le eventuali mantovane o reti antidetriti.
Prima dell'installazione del ponteggio deve essere redatto il PIMUS da consegnare al CSE per la sua approvazione. In caso di montaggio di elevatori su castello di sollevamento, sarà necessario un rafforzamento dei montanti che, comunque, non dovranno essere minori di due. (rif. Art.122.332 all.18 D.Lgs.81/2008 e s. m. e i.). Le zone di transito delle persone devono essere protette con un apposito impalcato di sicurezza "mantovane" (rif. Art.129 comma 3 D.Lgs.81/2008 e s. m. e i.).
I ponteggi devono essere efficacemente ancorati alla costruzione. Gli ancoraggi del ponteggio devono essere in numero sufficiente e realizzati in conformità al libretto di uso e manutenzione e/o alla relazione tecnica. Gli stessi devono essere realizzati ogni due piani di ponteggio e ad ogni due montanti con una disposizione a rombo o di pari efficacia. (rif. Art.125 comma 6 D.Lgs.81/2008 e s. m. e i. ).
Nei ponteggi fissi la distanza del piano di calpestio dal paramento della facciata non deve essere superiore a 20 cm. (rif. Art.138 comma 2 D.Lgs.81/2008 e s. m. e i.). Sarà cura dell'impresa adeguare la distanza del piano di calpestio dal paramento della facciata durante l'esecuzione dei lavori. Infatti il ponteggio potrà essere montato ad una distanza tale da tener conto dello spessore del cappotto finale, ma prima del montaggio del cappotto il piano di calpestio dovrà essere prolungato (con traversi e tavolato) fino al raggiungimento della distanza dei 20 cm dal paramento di facciata esistente.
In particolare, al fine di consentire le lavorazioni in copertura, il ponteggio deve garantire l'utilizzo del piano di calpestio il cui utilizzo non dovrà risultare ostacolato dalla sporgenza del cornicione; a tal fine si dovrà prevedere una parte di ponteggio di maggiore ampiezza rispetto a quella dei piani sottostanti da ricavarsi con elementi sbalzo.

Sulla messa in opera e sulla successiva rimozione dei ponteggi dovrà vigilare un responsabile di cantiere, il quale seguirà tutte le prescrizioni impartite dal CSE, da quanto prescritto nel PSC, POS, e PIMUS nonché da quanto previsto nel D.Lgs.81/2008 e successive modifiche e integrazioni.
Sui ponti di servizio sarà vietato il deposito di materiale e di mezzi non strettamente necessari alla lavorazione in corso. (rif. Art.124 comma 1 D.Lgs.81/2008 e s. m. e i.). Nei ponteggi fissi i dispositivi di protezione collettiva contro le cadute nel vuoto (parapetti) possono essere eliminati temporaneamente solo per necessità di lavoro previa adozione di misure alternative di pari efficacia e devono essere ripristinate non appena cessate o sospese dette necessità (rif. Art.111 comma 6 D.Lgs.81/2008 e s. m. e i.).
Parapetto terminale. In base alle norme per la sicurezza, si dovrà realizzare, mediante tubolari metallici idoneamente fissati, un parapetto che sporga dalla quota di gronda di almeno ml. 1,20; tale struttura verrà integrata con apposita rete di sicurezza e/o tavole e dovrà garantire adeguata resistenza alla spinta orizzontale secondo le normative di sicurezza relative ai parapetti.

## Art. 26. Indagini e documentazione

***Art. 26.1 - Rilievi e saggi***

L'impresa dovrà contribuire e fornire assistenza per eseguire eventuali rilievi più approfonditi necessari a documentare le caratteristiche architettoniche ed artistiche dell'edificio oggetto dell' intervento, ed a supportare ulteriori verifiche da parte della Direzione Lavori, concordate con la Committenza, senza nulla obiettare in merito o richiedere maggiori compensi. I rilievi comunque dovranno essere eseguiti tempestivamente, compatibilmente con le caratteristiche dei manufatti.
L'Impresa dovrà inoltre effettuare a proprio carico l' esecuzione di prelievi e conseguenti analisi chimico – fisiche sui materiali espressamente richiesti dalla Direzione Lavori, nonché saggi stratigrafici senza nulla eccepire.

***Art. 26.2 - Documentazione fotografica dei lavori.***
L' impresa è tenuta a fornire documentazione fotografica delle singole fasi delle lavorazioni. In ogni caso la Ditta dovrà garantire il libero accesso alla Direzione lavori, od al fotografo incaricato da questa, per effettuare ulteriore documentazione che ritenga opportuna.

***Art. 26.3 - Campionature***
La Direzione Lavori si riserva la facoltà di richiedere all'Impresa l'esecuzione di campionature riguardanti le varie lavorazioni (ad es. intonaci, tinteggiature, manufatti, ecc.). L'ubicazione le dimensioni ed il numero di tali campionature saranno insindacabilmente decisi dalla Direzione
Lavori e dovranno essere sempre accompagnate dalla documentazione tecnica dei materiali utilizzati. La rimozione delle campionature eseguite sarà a carico dell' Impresa.
Negli interventi specifici su stucchi, affreschi ed altri elementi di interesse storico – artistico, il Restauratore dovrà fornire una relazione, corredata da idonea documentazione fotografica e grafica, comprendente la descrizione dello stato di fatto prima dell' intervento, le modalità di intervento prescelte ed i materiali utilizzati.

## Art. 27. Scavi e reinterri

**Generalità**
I riferimenti normativi applicabili a questa specifica categoria di lavori sono il DPR 547/55 e il DPR 164/56. Gli scavi in genere, per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e/o geotecnica di cui al DM 11 marzo 1988 (riguardante le norme tecniche sui terreni ed i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione) e la relativa Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 settembre 1988, n. 30483 nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla D.L.
Nell'esecuzione degli scavi in genere, si dovrà provvedere in modo da impedire scoscendimenti, franamenti e ribaltamento di mezzi; per far ciò si renderà necessario provvedere a delimitare mediante barriere fisse e segnalazioni la zona oggetto di intervento, così da vietare il traffico veicolare sui bordi dello scavo che potrebbe far scaturire possibili franamenti delle pareti. L'utilizzo del nastro segnaletico (giallo-nero o bianco-rosso) dovrà avere esclusivamente funzione di delimitazione e non di protezione. Al fine di evitare cadute di personale all'interno dell'area di scavo sarà, inoltre, necessario mettere in opera dei robusti parapetti (altezza minima 100 cm, muniti di tavola fermapiede minima di 20 cm luce, tra tavola superiore e fermapiede massimo 60 cm; nel caso in cui il parapetto sia ad una distanza di almeno 70-80 cm dal bordo dello scavo, la tavola fermapiede potrà essere omessa) disposti lungo i bordi della stessa: negli scavi di sbancamento sarà necessario, quando questo dovesse superare i 200 cm, mentre, nelle trincee, sarà appropriato predisporre la protezione appena lo scavo supererà i 50 cm di profondità.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della D.L.) ad altro impiego nei lavori, dovranno essere trasportate fuori dalla sede del cantiere alle pubbliche discariche, o su altre aree altrettanto idonee e disponibili. Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in area idonea (previo assenso della D.L.) per essere, in seguito riutilizzate a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno costituire un danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque che scorrono in superficie. Sarà oltremodo vietato costituire depositi di materiali nelle vicinanze dei cigli degli scavi; qualora tali depositi siano necessari, per le particolari condizioni di lavoro, sarà obbligatorio provvedere alle necessarie puntellature che dovranno presentare un sovralzo minimo oltre la quota del terreno pari a 30 cm.

**1.Scavi di fondazione a sezione obbligata**

Per scavi di fondazione, in generale, s'intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti; in ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione anche quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per la fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione. Le profondità, che si troveranno indicate negli elaborati di progetto saranno, pertanto, di semplice stima preliminare e potranno essere liberamente variate nella misura che la D.L. reputerà più conveniente.

I piani di fondazione dovranno, generalmente, essere perfettamente orizzontali ma per quelle opere che cadranno sopra falde inclinate potranno, a richiesta della D.L., essere disposti a gradoni ed anche con determinate contropendenze. Nel caso, non così infrequente, che non sia possibile applicare la giusta inclinazione delle pareti in rapporto alla consistenza del terreno (si veda tabella all'articolo precedente), si dovrà ricorrere tempestivamente all'armatura di sostegno delle pareti o, preventivamente, al consolidamento del terreno (ad es. congelamento del medesimo, tecnica del *jet-grouting* ecc.), in modo da assicurare adeguatamente contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione, tanto degli scavi che delle murature. Affinché le armature corrispondano per robustezza alle effettive necessità sarà consigliabile predeterminare la spinta del terreno, tenendo conto delle eventuali ulteriori sollecitazioni dovute, sia al traffico veicolare, sia alla vicinanza di carichi di vario genere (gru, manufatti di vario genere ecc.), nonché delle eventuali infiltrazioni d'acqua (piogge, fiumi ecc.). Nel mettere in opera le armature provvisionali sarà opportuno tenere in considerazione che la massima pressione d'una parete di scavo, si trasmetterà sulla sbatacchiatura soprattutto nella zona mediana, dove questa dovrà, necessariamente, essere più robusta; inoltre, affinché sia efficace, le tavole andranno forzate contro il terreno avendo ben cura di riempire i vuoti.

Nel caso specifico di scavi di trincee (scavi a sezione obbligata e ristretta) nelle vicinanze di manufatti esistenti (ad es. per opere di drenaggio perimetrali) in prossimità di terreni precedentemente scavati e, pertanto, meno compatti od, infine, in presenza di vibrazioni causate dal traffico di autoveicoli, ovverosia in tutti quei casi dove la consistenza del terreno non fornirà sufficiente garanzia di stabilità e compattezza, anche in funzione della pendenza delle pareti, sarà sempre obbligatorio (a partire da 150 cm di profondità o 120 cm nel caso il lavoratore dovesse operare in posizione chinata) predisporre, man mano che procederà lo scavo, adeguate opere di sbatacchiamento, così da eludere rischi di franamento e pericoli di seppellimento degli addetti alla procedura. Al fine di consentire un lavoro agevole e sicuro lo scavo di trincea dovrà avere un larghezza minima in ragione alla profondità; orientativamente si potranno seguire, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, i seguenti rapporti profondità-larghezza minima.

| PROFONDITÀ | LARGHEZZA MINIMA NETTA |
|---|---|
| Fino a 150 cm | 65 cm |
| Fino a 200 cm | 75 cm |
| Fino a 300 cm | 80 cm |
| Fino a 400 cm | 90 cm |
| Oltre i 400 cm | 100 cm |

Per scavi eseguiti sotto il livello di falda si dovrà provvedere all'estrazione della stessa; gli scavi eseguiti a profondità superiori ai 20 cm dal livello superiore e costante dell'acqua e qualora non fosse possibile creare dei canali di deflusso, saranno considerati scavi subacquei e valutati come tali.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo dovrà essere diligentemente riempito e costipato, (fermo restando l'autorizzazione della D.L.) con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo (per maggiori specifiche si rimanda all'articolo riguardante i rinterri).

**2.Scavi di accertamento e ricognizione**

Tali operazioni si realizzeranno solo ed esclusivamente dietro esplicita richiesta e sorveglianza della D.L., seguendo le indicazioni e le modalità esecutive da essa espresse e/o dal personale tecnico incaricato. I detriti, i terreni vegetali di recente accumulo verranno sempre rimossi a mano con la massima attenzione

previa esecuzione di modesti sondaggi al fine di determinare la quota dei piani originali sottostanti (e delle loro eventuali pavimentazioni) in modo da evitare danni e rotture ai materiali che li compongono. Se non diversamente specificato dalla D.L. le rimozioni dei materiali saranno eseguite a mano, senza l'ausilio di mezzi meccanici. In ogni caso l'uso di mezzi meccanici sarà subordinato alla presenza di eventuali reperti *in situ* e, quindi, all'indagine preventiva. Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempi differiti (ad es. per riempimenti) saranno depositate nell'ambito del cantiere, in luogo dove non provochino intralcio o danni.

**3.Armature degli scavi (sbadacchiature)**

Il principio delle sbatacchiature consiste nel controbilanciare le spinte del terreno attraverso elementi di vario materiale (di norma legno o metallo) che, sollecitati a compressione, cercano di riportare la spinta a valori accettabili. Gli elementi che formeranno il presidio, se messi in opera in posizione orizzontale o inclinata, non lavoreranno esclusivamente a compressione semplice ma anche a flessione e pressoflessione, indotta anche dal peso proprio.

La sbatacchiatura dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

– essere resistente al fine di assicurare l'incolumità dei lavoratori nelle strutture;

– essere economica, evitando sprechi di materiale;

– essere il più possibile maneggevole nell'utilizzo delle singole parti messe in opera;

– non restringere lo spazio utile permettendo l'esecuzione dei lavori;

– non essere causa di degrado ovvero dissesto delle superfici protette (soprattutto quando si tratta di fronti di scavo archeologico);

– permettere il progressivo sfoderamento delle superfici protette, evitando l'eventuale ricaduta di terreno nello scavo;

– i cunei ed i puntelli dovranno essere fermati con idonee legature, all'occorrenza, revisionabili;

– le eventuali armature lasciate in opera per molto tempo dovranno essere vigilate e verificate.

Le tipologie di armature saranno scelte in funzione della consistenza del terreno, della profondità da raggiungere, dei carichi gravanti e della metodologia di scavo. In ogni caso tutti gli elementi che comporranno il presidio (tavole, traversi, puntelli ecc.) dovranno essere di materiale robusto opportunamente dimensionato e selezionato, inoltre l'armatura dovrà sporgere dai bordi dello scavo per almeno 30 cm. Nel caso di scavi di trincee si potranno distinguere quattro sistemi:

a) panconi verticali;

b) panconi orizzontali;

c) marciavanti;

d) paratie a palandole.

Le *sbatacchiature verticali* eseguite con tavole lignee (spessore minimo 30-40 mm meglio 40-60 mm per 200-300 cm di lunghezza) o metalliche saranno, di norma, limitate a scavi di profondità pari alla lunghezza delle tavole (generalmente non superiori ai 4 m); le tavole saranno forzate contro le pareti con l'ausilio di puntelli d'acciaio regolabili o fissi (luce massima tra puntello e piano di fondazione 100 cm) e si dovrà avere cura di colmare i vuoti tra la sbatacchiatura e la parte di scavo con idoneo materiale. La protezione con sbatacchiature verticali sarà, di norma, impiegata negli scavi a sezione stretta e profonda; qualora il terreno non dovesse presentare una buona consistenza, i panconi andranno posizionanti aderenti gli uni agli altri. Il sistema a tavole verticali presenta lo svantaggio di dover, eventualmente, tagliare le tavole a misura e quindi presenta più spreco di materiale però, al contempo, permette di riutilizzare gli elementi con maggior facilità.

Le *sbatacchiature orizzontali* saranno costituite semplicemente da tavole fermate da un puntello ligneo (con $\phi$ tra i 10 e i 15 cm) o metallico (tubo innocente o similare), posto a forza e serrato con cuneo. Se non diversamente specificato la distanza tra i puntelli sarà di 100-200 cm. L'utilizzo di armatura con tavole orizzontali sarà possibile in presenza di terreni che garantiranno una buona consistenza in modo da poter eseguire la procedura di scavo per cantieri di circa 60-80 cm di profondità. Questo sistema si rileverà più economico agli effetti dell'utilizzo di legname ma presenterà più difficoltà nel suo recupero.

La *sbatacchiatura a marciavanti* sarà possibile per terreni poco consistenti o spingenti od in caso di scavi profondi; i "marciavanti" dovranno essere tavole di notevole spessore con estremità appuntita o altrimenti dotata di punta ferrata; in caso di terreno completamente sciolto sarà consigliabile armare anche il fronte di scavo, così da eludere rifluimenti di materiale.

In alternativa a questi sistemi, o più semplicemente in presenza di terreno acquifero, dove i sistemi sopra indicati si dimostreranno insufficienti, ovvero dove occorrerà realizzare una struttura a tenuta all'acqua ed anche a sostegno di scavi, si potrà ricorrere all'uso di paratie metalliche o prefabbricate in calcestruzzo.

Le *paratie a palancole metalliche* infisse, di sezione varia, dovranno rispondere ai seguenti requisiti fondamentali: adeguata resistenza agli sforzi di flessione, facilità di infissione, impermeabilità delle giunzioni, facilità di estrazione e rimpiego (ove previsto), elevata protezione contro le corrosioni. L'infissione delle palancole sarà effettuata con i sistemi normalmente in uso; il maglio dovrà essere di peso complessivo non minore del peso delle palancole comprensivo della relativa cuffia. Durante l'infissione dovranno essere

adottate speciali cautele affinché gli incastri liberi non si deformino e rimangano puliti da materiali, così da garantire la guida alla successiva palancola, a tale scopo occorrerà riempire, prima dell'infissione, gli incastri di grasso. Durante l'infissione si dovrà procedere in modo che le palancole rimangano perfettamente verticali non dovranno essere ammessi deviazioni, disallineamenti o fuoriuscita dalle guide.
Per ottenere un più facile affondamento, specialmente in terreni ghiaiosi e sabbiosi, l'infissione, oltre che con la battitura, potrà essere realizzata con il sussidio dell'acqua in pressione fatta arrivare, mediante un tubo metallico, sotto la punta della palancola. Nel caso in cui, durante l'infissione, si dovessero verificre fuoriuscite dalle guide, disallineamenti o deviazioni che, a giudizio della D.L., non fossero tollerabili, la palancola dovrà essere rimossa e reinfissa ovvero sostituita, se danneggiata.
Le *paratie a palancole prefabbricate* utilizzate, se non diversamente specificato, saranno in calcestruzzo armato centrifugato a sezione cava. Il conglomerato cementizio impiegato dovrà avere una resistenza caratteristica a 28 giorni non inferiore a 40 N/mm² e dovrà, altresì, essere esente da porosità o altri difetti; inoltre il cemento impiegato sarà ferrico pozzolanico, pozzolanico o d'altoforno. Per infissione con battitura in terreni tenaci, se richiesto negli elaborati di progetto ovvero prescritto dalla D.L., la palancola potrà essere munita di puntazza metallica. Particolare cura dovrà essere posta nell'esecuzione dei giunti, da sigillare con getto di malta cementizia.
Quale che sia il sistema di sbatacchiatura messo in opera questo dovrà, obbligatoriamente, essere rimosso progressivamente e per modeste altezze in funzione dell'avanzare delle opere definitive.
*1Specifiche*
Per ulteriori dettagli su puntelli ed armature provvisionali si rimanda a quanto enunciato all'articolo inerente le opere di presidio.

**4.Rilevati e rinterri**
Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti delle concavità e le murature, o da addossare alle murature e fino alle quote prescritte dalla D.L., saranno impiegate, in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della D. L., per la formazione dei rilevati.
Quando verranno a mancare in tutto o in parte i materiali sopra descritti, si dovrà provvedere a prelevarli ovunque si crederà opportuno, purché siano riconosciuti idonei da controlli eseguiti dalla D.L.
Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, vagliate con setacci medio-piccoli (prive di residui vegetali e sostanze organiche); resterà vietato in modo assoluto l'impiego di materie argillose e, in generale, di tutte quelle che, con l'assorbimento d'acqua, si rammolliscono o si gonfiano generando spinte. I materiali (nello spessore di circa 30 cm) dovranno presentare, a compattazione avvenuta, una densità pari al 90% della densità massima di compattazione individuata dalle prove eseguite in laboratorio. Nella formazione di suddetti riempimenti dovrà essere usata ogni attenzione affinché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali d'uguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggior regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito. Ogni strato dovrà essere messo in opera solo dopo l'approvazione dello stato di compattazione dello strato precedente; lo spessore di ogni singolo strato dovrà essere stabilito in base a precise indicazioni progettuali o fornite dalla D.L. (in ogni caso non superiore ai 30 cm). Nel caso di compattazioni eseguite su aree o porzioni di terreno confinanti con murature, apparecchi murari o manufatti in genere, si dovranno utilizzare, entro una distanza pari a 2 m da questi elementi, idonee piastre vibranti o rulli azionati a mano (in questo caso si dovrà prevedere una sovrapposizione delle fasce di compattazione di almeno il 10% della larghezza del rullo stesso al fine di garantire una perfetta uniformità) con le accortezze necessarie a non degradare i manufatti già in opera. Si potrà, dietro richiesta specifica della D.L., mescolare al materiale da compattare del cemento (in ragione di 25-50 kg per metro cubo di materiale) al fine di ottenere degli adeguati livelli di stabilizzazione delle aree a ridosso dei manufatti.
Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza del manufatto (in area idonea prescelta dalla D.L.) per essere riprese, poi, e trasportate con carriole, barelle od altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri. Sarà, inoltre, vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.
I rilevati si dovranno presentare, obbligatoriamente, con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati. La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni dovrà essere preventivamente scorticata (ovverosia taglio d'eventuali piante, estirpazione delle radici, degli arbusti e completa asportazione del terreno vegetale circostante), ove occorra e, se inclinata, dovrà essere tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

# Art. 28. Asportazioni

***Art. 28.1 – Operazioni di Asportazione, demolizione e smontaggio***

**Generalità**

Le operazioni di demolizioni e smontaggi dovranno essere conformi a quanto prescritto nel DPR 7 gennaio 1956, n. 164 (in modo particolare negli articoli 10, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76). Le demolizioni e/o le asportazioni totali o parziali di murature, intonaci, solai ecc., nonché l'operazione di soppressione di stati pericolosi in fase critica di crollo, anche in presenza di manufatti di pregevole valore storico-architettonico, dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, al fine sia di non provocare eventuali danneggiamenti alle residue strutture, sia di prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro; dovranno, inoltre, essere evitati incomodi, disturbi o danni collaterali. Particolare attenzione dovrà essere fatta allo scopo di evitare la formazione d'eventuali zone d'instabilità strutturale.

Sarà vietato demolire murature superiori ai 5 m d'altezza senza l'uso d'idonei ponti di servizio indipendenti dalla struttura oggetto d'intervento. Per demolizioni da 2 m a 5 m d'altezza sarà obbligo, per gli operatori, indossare idonee cinture di sicurezza complete di bretelle e funi di trattenuta.

Sarà assolutamente interdetto: gettare dall'alto i materiali, i quali dovranno essere, necessariamente, trasportati o meglio guidati a terra, attraverso idonei sistemi di canalizzazione (ad es. tubi modulari telescopici) la cui estremità inferiore non dovrà risultare ad altezza maggiore di 2 m dal livello del piano di raccolta; l'imboccatura superiore del canale, dovrà, inoltre, essere protetta al fine di evitare cadute accidentali di persone o cose. Ogni elemento del canale dovrà imboccare quello successivo e, gli eventuali raccordi, dovranno essere opportunamente rinforzati. Il materiale di demolizione costituito da elementi pesanti od ingombranti (ad es. la carpenteria lignea), dovrà essere calato a terra con idonei mezzi (gru, montacarichi ecc.). Al fine di ridurre il sollevamento della polvere prodotta durante i lavori sarà consigliabile bagnare, sia le murature, sia i materiali di risulta.

Prima dell'inizio della procedura dovrà, obbligatoriamente, essere effettuata la verifica dello stato di conservazione e di stabilità delle strutture oggetto di intervento e dell'eventuale influenza statica su strutture corrispondenti, nonché il controllo preventivo della reale disattivazione delle condutture elettriche, del gas e dell'acqua onde evitare danni causati da esplosioni o folgorazioni. Si dovrà, inoltre, provvedere alle necessarie opere di puntellamento ed alla messa in sicurezza temporanea (mediante idonee opere provvisionali) delle parti di manufatto ancora integro o pericolanti per le quali non saranno previste opere di rimozione. Sarà, inoltre, necessario delimitare ed impedire l'accesso alla zona sottostante la demolizione (mediante tavolato ligneo o d'altro idoneo materiale) ed allestire, in corrispondenza dei luoghi di transito o stazionamento, le doverose protezioni e barriere parasassi (mantovane) disposte a protezione contro la caduta di materiali minuti dall'alto. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico del materiale di demolizione per le operazioni di carico e trasporto dovrà essere consentito soltanto dopo che sarà sospeso lo scarico dall'alto. Preliminarmente all'asportazione ovvero smontaggio di elementi da ricollocare *in situ* sarà indicato il loro preventivo rilevamento, classificazione e posizionamento di segnali atti a facilitare la fedele ricollocazione dei manufatti.

Questo tipo di procedura dovrà essere strettamente limitata e circoscritta alle zone ed alle dimensioni prescritte negli elaborati di progetto. Nel caso in cui, anche per l'eventuale mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero asportate altre parti od oltrepassati i confini fissati, si dovrà provvedere al ripristino delle porzioni indebitamente demolite seguendo scrupolosamente le prescrizioni enunciate negli articoli specifici.

Tutti i materiali riutilizzabili (mattoni, pianelle, tegole, travi, travicelli ecc.) dovranno essere opportunamente calati a terra, scalcinati, puliti (utilizzando tecniche indicate dalla D.L.), ordinati e custoditi, nei luoghi di deposito che saranno segnati negli elaborati di progetto (in ogni caso dovrà essere un luogo pulito, asciutto, coperto eventualmente con teli di pvc e ben ventilato; sarà, inoltre, consigliabile non far appoggiare i materiali di recupero direttamente al contatto con il terreno interponendovi apposite pedane lignee o cavalletti metallici), usando cautele per non danneggiarli, sia nelle operazioni di pulitura, sia in quelle di trasporto e deposito. Detti materiali, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, resteranno tutti di proprietà della stazione appaltante, la quale potrà ordinare all'appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e/o rimozioni dovranno sempre essere trasportati (dall'appaltatore) fuori dal cantiere, in depositi indicati ovvero alle pubbliche discariche nel rispetto delle norme in materia di smaltimento delle macerie, di tutela dell'ambiente e di eventuale recupero e riciclaggio dei materiali stessi.

Per demolizioni di notevole estensione sarà obbligo predisporre un adeguato programma nel quale verrà riportato l'ordine delle varie operazioni.

***Art. 28.2 - Demolizioni e rimozioni in genere***
In base alle indicazioni del progetto ed agli accordi con la Direzione dei Lavori, si dovranno eseguire le demolizioni/ rimozioni delle opere come riassunto nel seguente prospetto:

- spicconatura di intonaco (interni ed esterni);
- rimozione coperture esistenti;
- rimozione muratura esistente per intervento di cuci e scuci;
- rimozione di porte e finestre.

**1.Indagini preliminari (accertamento sulle caratteristiche costruttive-strutturali)**
Prima di iniziare qualsiasi procedura di demolizione e/o rimozione e, più in generale, qualsiasi procedura conservativa e non (specialmente su manufatti di particolare pregio storico-architettonico) sarà opportuno operare una serie di indagini diagnostiche preventive finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati inerenti la reale natura del materiale e il relativo stato di conservazione. Sarà, pertanto, necessario redigere una sorta di pre-progetto capace di far comprendere il manufatto, interessato dall'intervento, nella sua totalità e complessità. Tali dati risulteranno utili al fine di poter ricostruire le stratigrafie murarie così da procedere in maniera corretta e attenta. Il progetto d'indagine diagnostica non dovrà, soltanto, anticipare l'intervento vero e proprio, ma ne dovrà far parte, guidando i lavori previsti, verificandone la validità, indicando, casomai, nuove soluzioni.

**2.Demolizione di strutture murarie di fondazione**
La demolizione parziale o totale d'elementi di fondazione avverrà a mano o con l'ausilio di piccoli mezzi meccanici (ad es. piccoli martelli pneumatici) in funzione del materiale, delle dimensioni, della tipologia e della sicurezza. Quando sarà possibile il manufatto da demolire dovrà essere reso agibile da ogni lato (avendo cura però di non scalzare l'intera struttura) mediante precedente scavo a sezione obbligata del terreno circostante preferibilmente eseguito a mano o con l'ausilio di piccoli scavatori (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato agli articoli specifici sugli scavi) e successive opere di sbatacchiature al fine di eludere eventuali frane. Le suddette sbatacchiature dovranno essere controllate periodicamente, specialmente in seguito a piogge o gelate ed, eventualmente, incrementate se necessario.
La procedura si attuerà dall'alto verso il basso (tenendo sempre ben presente il ruolo strutturale dell'elemento interessato e delle eventuali azioni di spinta, di controspinta o di contenimento che esso esercita rispetto ad altre strutture o al terreno) per modesti cantieri, in senso longitudinale allorché il manufatto oggetto di intervento costituisca contrasto con il terreno, che non sia contemporaneamente o anteriormente rimosso. Precedentemente alla demolizione si renderà necessario costituire un presidio d'opere provvisionali atte sia alla puntellazione delle eventuali strutture adiacenti o limitrofe, sia alla puntellazione del terreno; inoltre, per altezze superiori a 1,50 m, sarà opportuno costituire dei ponti di servizio indipendenti dall'opera da demolire.

**3.Demolizione di strutture murarie**
La demolizione delle murature, di qualsiasi genere esse siano, dovrà essere preceduta da opportuni saggi per verificare la tipologia ed il reale stato di conservazione. Gli operatori addetti alla procedura dovranno lavorare su ponti di servizio indipendenti dal manufatto in demolizione: non si potrà intervenire sopra l'elemento da demolire se non per altezze di possibile caduta inferiore ai 2 m. Nel caso di demolizioni di murature soprastanti il perimetro di solai o strutture a sbalzo sarà indispensabile attuare ogni cautela al fine di non innescare, di conseguenza alla diminuzione del grado d'incastro, eventuali cedimenti od improvvise cadute delle strutture (anche sotto carichi limitati o per solo peso proprio). Particolare attenzione dovrà essere fatta in presenza di tiranti annegati nella muratura oggetto di intervento; una loro involontaria rottura, o quantomeno lesione, potrebbe innescare fenomeni di dissesto non previsti in fase di progetto pertanto, in presenza di tali dispositivi, sarà opportuno operare con la massima cautela liberando perimetralmente la catena e proteggendola da eventuali cadute di materiali che potrebbero compromettere il suo tiraggio.

**3.1Strutture portanti e/o collaboranti**
Previa esecuzione di tutte le procedure preliminari (saggi, puntellamenti, opere di contraffortatura ecc.) al fine di individuare esattamente tutti gli elementi che saranno direttamente od indirettamente sostenuti dalle strutture portanti o collaboranti oggetto d'intervento (al fine di eludere crolli improvvisi e/o accidentali), la demolizione di setti murari portanti in mattoni pieni, in pietra o misti dovrà procedere dall'alto verso il basso per successivi cantieri orizzontali di estensione limitata (così da controllare l'avanzare dei lavori e le loro eventuali conseguenze nelle zone limitrofe); di norma i blocchi non dovrebbero superare i quattro mattoni od analoga dimensione, quando si tratta di pietre od altro materiale (circa 10-15 kg), così da consentire la rimozione e la manovrabilità diretta da parte del singolo operatore. La rimozione sarà preferibilmente eseguita manualmente con l'ausilio di mazzetta e scalpello (ovvero punta o raschino) oppure, se l'apparecchio

presenta elevata compattezza, con scalpello meccanico leggero; solo in casi particolari e sempre sotto prescrizione della D.L. si potrà utilizzare il piccone, mentre dovrà essere bandito l'uso di strumenti a leva.

**3.2.Tramezzature**
La demolizione parziale e/o totale di tramezzature seguirà le modalità descritte per la procedura riguardante le strutture portanti e collaboranti; spesso, infatti, semplici tramezzi in mattoni pieni od anche forati apparentemente destinati a portare esclusivamente se stessi, si possono rilevare dei rompitratta, ovverosia l'inflessione (con la conseguente deformazione) della struttura lignea del solaio sovrastante potrebbe, di fatto, aver trasformato il tramezzo devolvendogli, almeno in parte, un incarico strutturale, spesso imprevisto, ma, in certe circostanze, essenziale alla stabilità del manufatto. Una demolizione arbitraria di un tramezzo di questo tipo potrebbe, pertanto, portare anche al collasso delle strutture orizzontali.

**4. Smontaggio di strutture orizzontali**
La demolizione delle strutture orizzontali dovrà essere eseguita mediante la realizzazione di ponti di lavoro e d'opere di protezione (teli, pannelli rigidi ecc.) per evitare, sia la caduta di materiale, sia quella degli addetti ai lavori; procedendo con ordine si provvederà a rimuovere tutte le eventuali travature, cornici, profilati ecc.
La preparazione delle puntellature, necessarie per sostenere le parti che dovranno restare in opera, dovrà essere eseguita con particolare cura, così come tutti gli accorgimenti finalizzati al non deterioramento dei materiali riutilizzabili, come, ad esempio, la chiusura accurata dei fori delle vecchie imposte, non idonee per la nuova struttura; si dovrà, inoltre, porre attenzione ad effettuare lo scarico immediato dei materiali di risulta evitando qualsiasi accumulo o caduta di materiali sugli orizzontamenti sottostanti. In presenza di tiranti annegati nelle solette delle strutture orizzontali si seguiranno le disposizioni prescritte nell'articolo sulla demolizione di strutture murarie.

**4.1. Solai piani**
Lo smontaggio dei solai piani avverrà seguendo in senso inverso le fasi esecutive del montaggio; demoliti o smontati pertanto i pavimenti (si rimanda all'articolo specifico) si procederà a rimuovere il sottofondo e l'eventuale caldana, avanzando di seguito con lo scempiato che potrà essere costituito da mezzane, tavelloni, tavolato di legno o da voltine in mattoni (forati o pieni) od ancora pignatte o volterrane previa dislocazione di idonei tavolati in legno (spessore minimo 3-4 cm, larghezza minima 40-50 cm) od altro materiale atto al sostegno degli operatori. La carpenteria lignea (travi, travetti e travicelli) dovrà essere sfilata dagli appoggi evitando di fare leva sulle murature mediante opportune disposizioni quali: puntellamenti, sospensioni (mediante utilizzo di idonei apparecchi di sollevamento o montacarichi) od eventuale taglio a filo muro in corrispondenza dell'appoggio, lasciando le teste all'interno della muratura (successivamente si dovrà provvedere alla loro rimozione). Particolare attenzione dovrà essere fatta nel caso di smontaggio di solai precedentemente consolidati come, ad esempio, travi munite di staffe metalliche di ancoraggio alla muratura perimetrale; in questo caso la trave, essendosi trasformata in catena, contribuisce direttamente alla stabilità dei setti murari; andrà, pertanto, evitato il semplice "sfilamento" delle travi dalle loro sedi al fine di evitare eventuali degradi irreparabili o dissesti imprevisti alle murature (si vedano gli articoli specifici sugli ancoraggi dei solai alle murature e sul collegamento fra solai complanari e contigui).
Nel caso in cui gli elaborati di progetto prevedano uno smontaggio preordinato al recupero del materiale assumerà notevole importanza l'eventuale presenza di connessioni tra degli elementi costitutivi il solaio. La presenza di chiodi o viti tiraffondi richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione di idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degradi alle strutture lignee.
Di norma, quando si dovranno demolire solai sovrapposti, si procederà, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dall'alto verso il basso.

**4.2. Strutture voltate**
Lo smontaggio delle strutture voltate si distinguerà in rapporto alla tipologia ed all'apparecchiatura della volta, alla natura del dissesto ed alle condizioni d'ambito. Previa esecuzione di "saggi di scopertura" (al fine di ricavare le informazioni necessarie) e la messa in opera d'idonei puntellamenti (ad es. strutture provvisorie di centinatura) e sbatacchiature atte non solo ad agevolare l'operazione in oggetto ma anche a garantire la stabilità dei manufatti confinanti (in modo particolare dovrà essere posta molta attenzione a controbilanciare l'assenza di spinta esercitata dalla volta da "smontare" o demolire) si procederà alla demolizione della volta: per volte in laterizio in foglio a crociera, a vela od a padiglione la procedura di smontaggio dovrà iniziare, sempre, dalla chiave e seguire un andamento a spirale, così come nel caso di volte a botte con apparecchiatura a spina di pesce diritta o spina reale; mentre per le volte a botte, a botte con teste a padiglione, o a schifo con apparecchiature con filari longitudinali o trasversali si procederà per cantieri frontali avanzando dal centro verso le imposte.

**4.3. Strutture in aggetto**
Lo smontaggio di parti a sbalzo (cornicioni di gronda, balconi, gradini ecc.) seguirà le procedure riguardanti i solai; occorre, tuttavia, precisare che l'eventuale demolizione di porzioni soprastanti il punto di incastro potrebbe diminuire il momento con la conseguente improvvisa caduta (per peso proprio) del manufatto a sbalzo. Per evitare tale fenomeno sarà indicato prevedere opportune opere di presidio degli elementi aggettanti, prima di procedere alla rimozione delle strutture soprastanti. Le unità originarie a sbalzo, o quelle che si dovessero trovare in questa situazione a causa di opere parziali di demolizione, dovranno essere celermente rimosse da posizioni instabili e/o pericolanti in altrettante collocazioni sicure e stabili.

**4.4. Collegamenti verticali**
Lo smontaggio parziale o totale delle strutture di collegamento verticale seguirà le modalità precedentemente descritte agli articoli dei solai piani o delle strutture voltate nel caso di scale in muratura costruite su strutture di sostegno a volta, fermo restando che dovrà sempre essere coperta la stabilità complessiva utilizzando, eventualmente, opere di puntellamento. Una specifica propria delle scale riguarda i gradini a sbalzo i quali, se non adeguatamente puntellati, non potranno essere utilizzati come piano di lavoro, quando sia in atto la demolizione dei muri soprastanti l'incastro (si veda la demolizione di strutture murarie). Le scale, come del resto gli altri orizzontamenti, non dovranno essere, in ogni caso, caricate con materiali di risulta.

**4.5. Manti e strutture di copertura**
Lo smontaggio della copertura procederà, quando sarà possibile, dall'intradosso: contrariamente gli addetti dovranno lavorare su appositi tavolati di ripartizione posti sull'orditura principale, mai su quella secondaria. Allorché l'altezza di possibili cadute sul piano sottostante superi i 2 m si dovrà, necessariamente, predisporre un sotto piano di lavoro; qualora non sia possibile mettere in opera detto sottopalco sarà obbligo munirsi d'apposite cinture di sicurezza. Lo smontaggio e la scomposizione della carpenteria principale (arcarecci, terzere, puntoni, capriate ecc.) qualunque sia il materiale legno, ferro o c.a., seguirà la procedura inversa a quella della messa in opera, ovverosia prima si smonteranno a mano le canne fumarie ed i comignoli, poi il manto di copertura (le tegole saranno asportate a sezione, simmetricamente da una parte e dall'altra, procedendo dal colmo verso le gronde avendo cura di non rompere o danneggiare i singoli pezzi), il sottofondo e lo scempiato di mezzane od il tavolato ligneo, in seguito si passerà a sfilare l'orditura minuta e/o media (travicelli, correnti, morali, palombelli, mezzanelle ecc.) e, per ultimo, quella principale che dovrà essere imbracata e calata a terra mediante idonei dispositivi (gru, paranchi, montacarichi ecc.). Particolare attenzione si dovrà avere in presenza di eventuali connessioni (chiodature, cavicchi, gattelli lignei, piastrine metalliche di ancoraggio ecc.) presenti tra le varie orditure o tra gli elementi della medesima orditura od ancora tra l'orditura principale e la muratura d'imposta. Il loro smontaggio richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione d'idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degradi delle strutture lignee o delle murature (ad es. per sfilare i chiodi dalle assi di un tavolato si potrà tranciare le teste e segare i gambi o, in alternativa, esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc. avendo cura di non danneggiare, né la tavola dell'assito da rimuovere, né il travicello cui sarà ancorata).
Lo smontaggio di carpenteria lignea complessa (ad es. le capriate) oppure quello inerente gli elementi di finitura intradossale dovrà essere, necessariamente, preceduto da un preciso rilievo degli elementi costitutivi e delle reciproche connessioni oltre che, naturalmente, dalla loro numerazione e catalogazione.
Nel caso di smontaggio di cornicioni di gronda a sbalzo, siano questi ancorati all'ultimo solaio o, più frequentemente, trattenuti dal peso del coperto sarà opportuno attenersi a quanto prescritto all'articolo specifico riguardante le strutture in aggetto.

**5. Asportazione di intonaci**
La procedura di rimozione dovrà, necessariamente, sempre essere preceduta da un'operazione di "saggiatura" preventiva eseguita mediante percussione sistematica con le nocche della mano sulla muratura al fine di individuare con precisione le zone compatte e per delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche").
L'asportazione parziale o totale degli intonaci dovrà essere eseguita rimuovendo accuratamente dalla superficie degradata, per strati successivi, tutto lo spessore dell'intonaco fino ad arrivare al vivo della muratura senza però intaccare il supporto murario che, alla fine dell'intervento, si dovrà presentare integro senza visibili scanalature e/o rotture degli elementi componenti l'apparecchio murario. L'azione dovrà, quindi, essere sempre controllata e limitata alla rimozione dell'intonaco senza intaccare la muratura di supporto ed eventuali aree vicine da conservare. La demolizione dovrà procedere dall'alto verso il basso rimuovendo porzioni limitate e di peso modesto ed eliminando manualmente lembi d'intonaco rigonfiati di notevole spessore. La procedura sarà, preferibilmente, eseguita con mezzi manuali (mediante mazzetta, punta e scalpello oppure martelline); allorché la durezza dello strato di intonaco o l'estensione delle superfici da

rimuovere lo esigessero potranno essere utilizzati anche mezzi meccanici di modeste dimensioni (vibroincisori o piccoli martelli pneumatici) fermo restando di fare particolare attenzione, in fase esecutiva, a non intaccare il supporto murario od altre superfici non interessate alla procedura.
Durante l'operazione d'asportazione si dovrà avere cura di evitare danneggiamenti a serramenti, pensiline, parapetti e a tutti i componenti edilizi (stucchi, modanature, profili da conservare ecc.) nelle vicinanze o sottostanti la zona d'intervento. Nel caso in cui si dovesse intervenire su di un particolare decorativo da ripristinare, (ad es. finte bozze di bugnato o cornici marcapiano ecc.) sarà obbligo, prima della rimozione, eseguire un attento rilievo ed un eventuale successivo calco (in gesso o in resina) al fine di poterlo riprodurre in maniera corretta.
Il materiale di scarto, (soprattutto in presenza di intonaci a calce), se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere recuperato, mediante la disposizione di idoneo tavolato rivestito da teli di nylon, e custodito in pile accuratamente coperti (per proteggerli dagli agenti atmosferici) al fine di riutilizzarlo per la messa in opera di eventuali rappezzi.
L'operazione di spicconatura terminerà con pulizia di fondo a mezzo di scopinetti e/o spazzole di saggina, con lo scopo di allontanare dalla muratura tracce di sporco e residui pulverulenti.

**6. Rimozione e smontaggio di pavimenti**
La rimozione dei pavimenti dovrà essere eseguita, preferibilmente, con mezzi manuali (mazzetta e scalpello) o, in presenza di battuti (di cemento o di graniglia) o pastelloni alla veneziana particolarmente tenaci, con l'ausilio di martelli da taglio o, in alternativa e solo sotto esplicita richiesta della D.L. modesti mezzi meccanici. In ogni caso l'operazione dovrà essere limitata al solo pavimento ed alla malta di allettamento. Il restante sottofondo dovrà essere pulito e spianato accuratamente eliminando qualsiasi irregolarità. Bisognerà, inoltre, prestare molta attenzione agli impianti posti sotto il pavimento, dei quali si dovrà, necessariamente, curarne il ripristino nel caso di rottura causata durante le demolizioni.
Nell'eventualità in cui gli elaborati di progetto prevedano uno smontaggio preordinato al recupero del materiale assumerà notevole importanza la cura dello smontaggio: in questo caso sarà, per ovvie ragioni, bandito l'uso di mezzi meccanici (ad es. martelli pneumatici) e la procedura avrà inizio laddove si presenterà una soluzione di continuità (ad es. rottura dell'elemento o mancanza di fuga) procedendo di conseguenza. A seconda del tipo e della consistenza della giunzione tra gli elementi si sceglieranno gli strumenti e le tecniche più idonee, fermo restando la cura di non danneggiare gli elementi stessi e quelli limitrofi:
– unione mediante infissione a forza (ad es. pavimentazioni in cubetti di porfido, in ciottoli di fiume ecc.): si potranno rimuovere gli elementi con l'uso di leve;
– unioni chiodate (ad es. tavolati, parquet ecc.): si potranno sfilare i chiodi mediante tenaglie o pinze, tranciare le teste ed i gambi dei chiodi o, in alternativa, si potrà esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc.;
– unioni mediante collanti o malte (ad es. mattonati, lastre lapidee ecc.) si procederà mediante punte e scalpelli utilizzandoli come leve ponendo attenzione a non spezzare l'elemento da asportare;
– unioni continue (ad es. battuti di graniglia, pastelloni veneziani ecc.) si potrà intervenire solo attraverso il taglio meccanico (con l'ausilio di seghe circolari e flessibili) di porzioni, previa la loro individuazione e numerazione in fase di rilievo. Il taglio (eventualmente guidato da appositi segnali guida o da carrelli) dovrà evitare di pregiudicare i contorni al fine, sia di rendere possibile il successivo accostamento dei pezzi in fase di rimontaggio, sia di non avere eccessive fughe e linee irregolari di giuntura.
L'operazione di smontaggio dovrà essere preceduta da un accurato rilievo dello stato di fatto del pavimento con conseguente numerazione dei pezzi e segnatura delle facce combacianti, nel caso in cui la disposizione degli elementi dovesse seguire uno specifico disegno oppure laddove si abbia a che fare con pezzi speciali per forma e dimensioni inseriti in un disegno esente da schemi fissi e ripetitivi. Sarà consigliabile, nonché vantaggioso, tenere conto nella numerazione e marcatura dei singoli elementi e l'ordine con cui gli stessi verranno disancorati e rimossi dal supporto, così da organizzare una corretta sequenza operativa necessaria al rimontaggio.

**7. Rimozione e smontaggio di rivestimenti lapidei**
La procedura di smontaggio di pannelli lapidei dovrà necessariamente adottare, ogni volta, la metodologia, la tecnica e gli strumenti più consoni per separare i componenti di ancoraggio che potranno variare dalle unioni con chiodature, perni e zanche in ferro a mastici e malte adesive. Qualsiasi procedura sarà adottata l'operazione di smontaggio dovrà essere preceduta da un accurato rilievo dello stato di fatto delle lastre di rivestimento, con conseguente numerazione dei pezzi e segnatura delle facce combacianti tenendo conto dell'ordine secondo cui gli elementi saranno disancorati dal supporto, così da facilitare l'organizzazione di una corretta sequenza operativa indispensabile per l'eventuale rimontaggio. In questa fase sarà, inoltre, necessario sia valutare le dimensioni e il peso dei singoli manufatti da rimuovere (ovvero delle parti risultanti dallo smontaggio), sia verificare se lo smontaggio possa interessare il singolo elemento o più elementi

contemporaneamente (ad es. il caso in cui la singola lastra sia collegata o composta con altri pezzi). In linea generale si dovrà evitare il più possibile di ricorrere all'uso di tagli, se questi non potessero essere evitati si dovrà cercare di effettuarli (mediante l'ausilio di frullini elettrici manuali muniti di idoneo disco in ragione della consistenza del litotipo da tagliare) in punti appropriati come, ad esempio, sulla stuccatura del giunto tra lastra e torello o nella giuntura d'angolo di due pannelli, facendo attenzione a non danneggiare i bordi così da rendere possibile il loro successivo raccostamento.
Precedentemente alla rimozione, sarà necessario predisporre idonea attrezzatura di sollevamento e calo a terra in ragione del peso e della manovrabilità delle lastre (ad es. montacarichi). Allo stesso tempo, potrà risultare utile realizzare dei presidi di sostegno ed un'opportuna operazione di preconsolidamento degli elementi (si vedano gli articoli specifici) affinché il loro smontaggio possa avvenire in piena sicurezza e tutela degli operatori e dei pannelli stessi.
La prima operazione di smontaggio vero e proprio sarà quella di rimuovere gli elementi (perni, zanche ecc.) o i materiali (malte, mastici ecc.) che garantiscono la connessione dei pannelli alla struttura muraria. Nel caso di elementi metallici questa operazione potrà avvenire: se sono di modeste dimensioni (ad es. chiodature), esercitando sugli elementi una controllata trazione sfruttando il principio della leva, mentre, se si tratta di elementi di una certa consistenza (ad es. zanche in ferro), ricorrendo al taglio che consente una facile asportazione successiva; in ogni caso, questa operazione, dovrà essere realizzata avendo cura di non danneggiare il pannello lapideo. Prima di distaccare del tutto il pannello dal supporto, la lastra dovrà essere messa in sicurezza imbracandola con idonei nastri telati collegati all'organo di posa a terra.
Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, la procedura avrà inizio partendo da un elemento privo di decorazioni già sconnesso o degradato cosicché, in caso di perdita, non verrà a mancare una parte rilevante del rivestimento, altrimenti si potrà iniziare da un pannello (anch'esso privo di decorazioni o appartenente ad eventuali disegni di rivestimento) posto in posizione defilata; sovente, infatti, la prima operazione di smontaggio può comportare la rottura o la perdita del pannello.

**8. Asportazione di tinte**

**8.1. Raschiatura parziale di tinte**
La procedura ha lo scopo di rimuovere parziali strati di coloriture staccate o in fase di distacco (coloriture organiche) evitando di intaccare gli strati superficiali del sottofondo nonché eventuali coloriture ancora ben aderenti al supporto (soprattutto quando si tratta di coloriture inorganiche). Prima di procedere con l'intervento di raschiatura dovranno essere eseguite delle prove preliminari circoscritte a più punti della superficie da asportare in modo da poter verificare l'effettiva adesione della tinta al supporto; per questo risulterà opportuno realizzare campioni, di 10 cm di lato, suddivisi, a loro volta, in porzioni di grandezza variabile (da 2 mm a 1 cm di lato), tramite l'ausilio di righe metalliche. Nel caso in cui le parti che si distaccano conseguentemente all'operazione di quadrettatura risultino inferiori al 20% della superficie campione potrà essere realizzata una raschiatura parziale, contrariamente, in riferimento a quanto prescritto dalla D.L., la raschiatura potrà essere anche totale. L'operazione di raschiatura dovrà essere realizzata ricorrendo a mezzi meccanici (spatole, raschietti, bisturi ecc.) facilmente controllabili e non traumatici per il supporto. In presenza di rinvenimenti di strati sottostanti di pitture organiche la procedura potrà essere ripetuta così da poter valutare l'eventuale possibilità di rimuoverli.

**8.2. Raschiatura totale di tinte**
L'operazione di raschiatura totale della tinta dovrà, necessariamente, essere preceduta sia dalle indagini preliminari esplicate nella procedura inerente la raschiatura parziale di tinte sia da ulteriori accertamenti diagnostici e stratigrafici: per questo l'Appaltatore dovrà provvedere a fornire la strumentazione idonea per consentire tali verifiche in riferimento a quanto riportato negli specifici articoli. L'intervento, poiché potrà essere compiuto oltre che meccanicamente (seguendo le indicazioni riportate nella procedura di raschiatura parziale) anche chimicamente o a fiamma, potrà essere effettuato solo dopo aver comprovato l'effettiva tenuta del supporto a stress chimici e termici. La selezione della metodologia di rimozione (chimica o a fiamma) potrà essere fatta solo dopo aver eseguito delle prove campione sulla superficie in modo da poter essere in grado di comparare il risultato raggiunto dalle diverse risoluzioni valutandone, al contempo, i relativi vantaggi e svantaggi.

*Raschiatura chimica*
La raschiatura con sistemi chimici prevedrà la stesura superficiale di prodotti decapanti ricorrendo all'uso di pennelli; i prodotti dovranno essere prescelti seguendo le specifiche indicazioni della D.L., e applicati previa protezione di tutto ciò che potrebbe danneggiarsi durante l'applicazione del prodotto. Il decapante verrà applicato e tenuto in opera in riferimento a quanto desunto dalle prove preliminari eseguite sui campioni. A reazione avvenuta il prodotto dovrà essere rimosso dalla superficie, mediante strumentazione meccanica

(raschietti). La superficie dovrà essere, infine, lavata (seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli) così da asportare qualsiasi traccia residua di decapante evitandone l'essiccazione sul supporto.

*Raschiatura a fiamma*
La raschiatura a fiamma potrà essere realizzata mediante l'utilizzo di bombole di gpl e di sistemi di erogazione della fiamma (conformi alla normativa antincendio e di sicurezza). La superficie di intervento dovrà essere riscaldata fino a che la tinta da asportare non risulti annerita o rigonfia (prestando particolare attenzione a non procurare bruciature o annerimenti al supporto); a questo punto, ricorrendo all'utilizzo di spatole o raschietti, si procederà alla raschiatura. La superficie dovrà essere, infine, lavata (seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli) così da asportare qualsiasi traccia residua.

I lavori verranno eseguiti con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da non danneggiare le opere preesistenti, in modo da prevenire qualsiasi infortuni o agli addetti al lavoro e da evitare incomodi e disturbo, in coerenza del Piano della Sicurezza e Coordinamento.
Prima di iniziare i lavori in oggetto l'appaltatore dovrà accertare la natura, lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire. Salvo diversa prescrizione, l'appaltatore disporrà la tecnica più idonea, i mezzi d'opera, i macchinari e l'impiego del personale.
Dovranno quindi essere interrotte le erogazioni interessate; saranno opportunamente delimitate (ben individuate ed idoneamente protette) le zone : dei lavori, dei passaggi e quelle soggette a caduta materiali.
Tutte le strutture pericolanti dovranno essere puntellate e tutti i vani balconi o aperture saranno sbarrati dopo la demolizione di parapetti ed infissi.
Le demolizioni procederanno in modo omogeneo evitando la creazione di zone di instabilità strutturale.
Nel caso di lavori concomitanti, si dovrà procedere servendosi di appositi ponteggi indipendenti dalle zone di demolizione; tali ponteggi dovranno essere dotati, ove necessario, di ponti intermedi di servizio i cui punti di passaggio siano protetti con stuoie, barriere o ripari atti a proteggere l'incolumità degli operai e delle persone di passaggio nelle zone di transito pubblico provvedendo, inoltre, anche all'installazione di segnalazioni diurne e notturne.
Si dovranno anche predisporre, nel caso di edifici adiacenti esposti a rischi connessi con le lavorazioni da eseguire, opportune puntellature o rinforzi necessari a garantire la più completa sicurezza di persone o cose in sosta o di passaggio nelle immediate vicinanze.
In fase di demolizione dovrà assolutamente evitarsi l'accumulo di materiali di risulta, sia sulle strutture da demolire che sulle opere provvisionali o dovunque si possano verificare sovraccarichi pericolosi.
I materiali di risulta dovranno perciò essere immediatamente allontanati o trasportati in basso con idonee apparecchiature ed evitando il sollevamento di polvere o detriti; sarà, comunque, assolutamente vietato il getto dall'alto dei materiali.
Le demolizioni, i disfacimenti e le rimozioni dovranno essere limitati alle parti e dimensioni prescritte qualora, per mancanza di accorgimenti o per errore, tali interventi venissero estesi a parti non dovute, l'appaltatore sarà tenuto, a proprie spese, al ripristino delle stesse ferma restando ogni responsabilità per eventuali danni.
E' prevista inoltre, a giudizio della Direzione Lavori, la rimozione egli elementi metallici di qualsiasi specie e dimensioni, compresa lo sgombero dei materiali, con trasporto dei detriti alle discariche, o a scelta della Committenza, il loro recupero. La rimozione di piccoli elementi metallici o lignei, quali chiodi, ganci, tasselli, zeppe, si ritiene compresa e compensata delle operazioni di preparazione delle murature esistenti per successiva intonacatura o tinteggiatura.
Per gli apparati decorativi (cornici, stucchi, ecc.), ove non specificato dal progetto, la Direzione Lavori in accordo con l' Ente di Tutela competente si riserva di ordinare la rimozione degli elementi che, a seguito di un più approfondito esame in cantiere, risultassero non più recuperabili o di materiale non coerente.

## 9. Asportazione dipinti murari

### 9.1. Strappo degli affreschi
La procedura di strappo degli affreschi prevede la rimozione della sola pellicola pittorica sacrificando, in questo modo, la caratterizzazione conferitagli dalle irregolarità presenti sulla superficie intonacata nonché le tracce relative alla tecnica di esecuzione. L'intervento prevedrà la pulitura accurata della superficie così da poter asportare tutte le sostanze estranee che potrebbero ostacolare la perfetta adesione dei bendaggi. L'operazione di pulitura dovrà essere realizzata ricorrendo alla tecnica e utilizzando i materiali prescelti dalla D.L. in riferimento alle caratteristiche dell'opera, alla sua estensione, al tipo di sporco da rimuovere e alle eventuali patinature legate ad interventi di restauro precedenti. Risulterà opportuno, per questo, procedere con delle prove preliminari realizzate su campioni così da poter meglio calibrare l'operazione di pulitura. L'ispezione della superficie pittorica dovrà comprendere anche la messa in sicurezza di eventuali lacune, per questo dovrà essere eseguita la stuccatura della mancanza, incollando perimetralmente strisce di tessuto di cotone, e il consolidamento delle porzioni decoese. L'intervento di strappo procederà con

l'applicazione sulla superficie pittorica di bendaggi (*facing*); le bende dovranno essere di cotone a trama larga, lavate, asciugate, sfilacciate ai bordi, stirate e arrotolate su un bastone o in alternativa tagliate in piccoli riquadri (di circa 40x40 cm). Si procederà applicando sul dipinto un primo strato di colla in quantità pari alla grandezza della garza, procedendo dal basso verso l'alto da sinistra a destra, utilizzando un adesivo non troppo fluido allo scopo di garantire una contrazione più forte al momento dello strappo.
La scelta della colla (appurato che si tratti di materiale reversibile e non dannoso per la superficie) dovrà essere fatta in relazione alla resistenza all'acqua del dipinto e al suo stato di conservazione nonché alle condizioni ambientali del situ; se non diversamente indicato dalla D.L. potrà essere utilizzata, per una pellicola pittorica sensibile all'acqua e friabile, una resina (vinilica o acrilica) sciolta in solvente; per una pellicola pittorica ed un intonaco resistenti all'acqua, una colla animale (acqua, aceto, fungicida, melassa in quantità minima, colla d'ossa, fiele di bue). Dopo aver steso il primo strato di garza (ben teso a mano sul dipinto) dovranno essere applicati altri strati (almeno due) incollati con una colla meno densa e sovrapposti di almeno 1 cm, ed infine, per ultimo, dovrà essere applicato uno strato di tela canapa evitando sovrapposizioni nelle giunture. Le tele dovranno uscire dai bordi del dipinto di almeno 5 cm su tre lati mentre di 30 cm sul lato superiore. La velatura potrà essere ancorata ad una traversa lignea infissa al muro della parte sommitale del dipinto, in modo da garantire una maggior sicurezza durante l'operazione di distacco una volta che la superficie sarà completamente distaccata. Lo strappo avrà inizio quando la colla risulterà asciutta ma non ancora secca (i tempi di asciugatura varieranno a seconda dell'umidità relativa e della temperatura dell'ambiente); a questo punto dovrà essere praticata un'incisione (mediante l'uso di bisturi) lungo il perimetro dell'area interessata dall'intervento in modo da poter tirare lo strato di tela partendo da uno degli angoli inferiori. La tela, man mano che si staccherà, dovrà essere arrotolata intorno a un cilindro di legno.
A distacco avvenuto la tela dovrà essere srotolata su di una superficie piana e analizzata sul retro così da poter procedere a stuccare le eventuali lacune rintracciate (la stuccatura potrà essere effettuata, se non diversamente specificato dalla D.L., con impasto di calce e pietra macinata). Sulla superficie dovrà essere applicato un velatino (incollato o con caseato di calcio adatto per ambienti asciutti o con resina acrilica in emulsione caricata con carbonato di calcio) così da rendere reversibile il supporto che verrà applicato. "Fissata" la superficie distaccata al nuovo supporto si procederà al distacco del bendaggio utilizzando impacchi di carta giapponese imbibita dello stesso solvente utilizzato per sciogliere la colla stesa sui bendaggi. Le tele dovranno essere asportate quando risulteranno completamente distaccate dalla superficie non sollevandole ma facendole scivolare parallelamente al piano. La superficie liberata dai bendaggi dovrà essere nuovamente pulita con tamponature di cotone imbevuto nella soluzione di solvente già utilizzata.

**9.2. Stacco degli affreschi**
La procedura di stacco degli affreschi prevede l'asportazione dello strato pittorico insieme allo strato di finitura dell'intonaco lasciando in opera l'arriccio e il rinzaffo; in questo modo sarà possibile conservare le tracce della tecnica di esecuzione. L'intervento di stacco prevede sostanzialmente le stesse fasi procedurali esplicate per lo strappo differenziandosi in alcuni punti tra i quali: la tela di canapa dovrà essere applicata solo quando la colla dei bendaggi sottostanti risulterà ben asciutta. L'asportazione della superficie pittorica dal supporto dovrà essere compiuta, dal basso verso l'alto secondo fasce orizzontali, ricorrendo all'uso di sciabole in ferro fatte scivolare sul retro del dipinto lungo la linea tra arriccio e l'ultimo strato di intonaco, indirizzando la punta dello strumento sempre verso il muro in modo da non danneggiare il dipinto. Sulla superficie staccata e appesa alla traversa lignea dovrà essere applicato un supporto ligneo in modo da consentire l'asportazione del dipinto.

**10. Discialbo manuale**
Operazione di asportazione manuale di strati di pitture o tinte soprammesse alla superficie decorata o dipinta, eseguita previa indagine stratigrafica al fine di delimitare con esattezza la zona di intervento. Se non diversamente specificato, l'operazione di discialbo dovrà essere eseguita mediante mezzi meccanici (bisturi, piccole spatole, lame, raschietti, vibroincisori ecc.), impacchi chimici (pasta di cellulosa e carbonato di ammonio) o con idonei solventi (ad es. acetone, cloruro di metilene, miscela 3A, miscela 4A, essenza di trementina, alcool etilico ecc.) capaci di asportare gli strati di pitture o tinte soprammesse alla superficie decorata senza recare alcun danno. L'operazione in oggetto dovrà, necessariamente, essere limitata alle sole superfici previste dal progetto ovvero indicate dalla D.L. Al termine della procedura di discialbo tutte le eventuali porzioni di dipinto murale rinvenuto, a prescindere dallo stato di conservazione, dovranno, obbligatoriamente, essere conservate.
*Specifiche:* La scelta delle varie tipologie di discialbo dovrà essere attentamente valutata sia per mezzo di prove-campione, sia di indagini preliminari. Queste ultime si renderanno necessarie al fine di accertare: del dipinto celato dallo scialbo la tecnica di esecuzione (ad affresco, a mezzo fresco, a secco) e lo stato di conservazione ovvero la presenza di eventuali patologie di degrado (quali ad es. risalite capillari, efflorescenze saline, distacchi del dipinto dal supporto ecc.) mentre, dello strato da asportare, potranno essere appurate le caratteristiche tecnologiche (scialbatura a tempera o calce su affresco, scialbatura a

tempera o calce su decorazioni a secco, pellicola polimerica su superficie decorata molto compatta e poco permeabile, pellicola polimerica su affresco, pellicola polimerica su dipinto a secco) e la relativa adesione al supporto dipinto.
*Avvertenze*: In linea generale dovrà sempre essere osservata la regola secondo la quale il prodotto (ovvero la tecnica) da impiegare dovrà essere il più solvente ma, allo stesso tempo, il più blando e il meno tossico. Per ulteriori specifiche sull'uso dei solventi si rimanda a quanto specificato nell'articolo inerente l'"approccio alla pulitura mediante solventi"; per quanto concerne, invece, il discialbo manuale "meccanico" si rimanda all'articolo inerente la "pulitura meccanica".

**10.1. Scialbatura a tempera o a calce su superfici decorate ad affresco**
La procedura prevedrà il discialbo mediante bisturi, lame e spatole di modeste dimensioni aiutandosi, eventualmente, con idonea lente di ingrandimento. L'operatore dovrà aver cura di rimuovere esclusivamente lo strato soprammesso senza asportare alcuna parte del dipinto sottostante. Nel caso in cui lo strato da rimuovere presentasse un legante debolmente organico e, allo stesso tempo, il supporto del dipinto si rilevasse poco permeabile, potrà essere consentito inumidire la superficie mediante impacchi di polpa di cellulosa con fibre da 200-1000 mm (o con altro supportante ritenuto idoneo dalla D.L.) e carbonato di ammonio (in soluzione satura ovvero in idonea diluizione) o acqua distillata così da allentare l'adesione dello strato da rimuovere dal supporto pittorico. Passato il tempo necessario si potrà rimuovere la scialbatura mediante bisturi o altro mezzo meccanico ritenuto idoneo dalla D.L. La procedura dovrà terminare con la pulitura, per mezzo di tampone inumidito con acqua deionizzata, delle superfici scoperte.

**10.2. Scialbatura a tempera o a calce su superfici decorate o dipinte a secco**
La procedura prevedrà il discialbo mediante bisturi, lame e spatole di modeste dimensioni aiutandosi eventualmente con idonea lente di ingrandimento. L'operatore data la "fragilità" degli strati su cui dovrà operare, dovrà aver particolare cura di rimuovere esclusivamente lo strato soprammesso senza asportare alcuna parte del dipinto sottostante.

**10.3. Scialbatura polimerica su superfici decorate molto compatte**
Nel caso di superfici decorate molto compatte e poco permeabili (come da es. stucchi, finti marmi ecc.) con scialbatura costituita da pellicole polimeriche sarà preferibile l'utilizzo di appropriato solvent-gel che, in fase di prove preliminari, avrà dato il risultato migliore. Previa adeguata pulitura a secco della superficie si procederà all'applicazione, mediante pennelli, del solvent-gel sulla superficie nella quantità necessaria valutata attraverso le prove preliminari (di norma sarà sufficiente 0,6 l/m²). Trascorso il tempo stabilito sarà possibile rimuovere il solvent-gel dalla superficie insieme alla pellicola polimerica per mezzo di spatole o modesti raschietti. Sarà cura dell'operatore porre particolare attenzione nel rimuovere il gel al fine di non asportare ovvero graffiare e danneggiare porzioni del supporto decorato. In presenza di superfici particolarmente degradate e/o modellate sarà necessario porre particolare attenzione nel compire l'operazione di discialbo.
La procedura dovrà terminare con una doppia operazione di pulitura della superficie scoperta: la prima per mezzo di tampone inumidito con il solvente utilizzato per il discialbo (così da rimuovere ogni eventuale avanzo di lavorazione), la seconda con acqua distillata così da garantire la completa pulitura del supporto.
Nel caso risultasse necessario e sempre dietro specifica indicazione della D.L. la suddetta operazione potrà essere ripetuta in modo da riuscire ad eliminare tutte le tracce di pellicola polimerica.
*Specifiche sui materiali:* L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire, dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi e maggiore sicurezza per l'operatore.

**10.4. Scialbatura polimerica su superfici decorate ad affresco**
La procedura sarà simile a quella decritta all'articolo precedente salvo per la preparazione del supporto che potrà essere trattato con impacco di polpa di cellulosa (1000 mm) o di altro supportante ritenuto idoneo dalla D.L. e carbonato di ammonio in soluzione satura (ovvero in idonea diluizione) al fine di inumidire lo strato di intonaco e limitare la penetrazione dei successivi solventi. La rimozione della pellicola polimerica avverrà per mezzo di solvent-gel individuati nelle preliminari campionature o per mezzo di solventi veicolati da addensanti quali metilcellulosa (per solventi polari) da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v o etilcellulosa (per solventi apolari o a bassa polarità) da utilizzarsi in concentrazione dal 6 al 10% p/v. L'operazione potrà essere rifinita per mezzo di discialbo manuale meccanico mediante bisturi e piccole lame.
La procedura dovrà terminare con una doppia operazione di pulitura della superficie scoperta: la prima per mezzo di tampone inumidito con il solvente utilizzato per il discialbo (così da rimuovere ogni eventuale avanzo di lavorazione), la seconda con acqua distillata così da garantire la completa pulitura del supporto.
*Specifiche sui materiali supportanti ed addensanti:* Questi prodotti garantiscono la gelificazione del solvente in modo da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo. In questo modo rendono

l'operazione di pulitura più selettiva e, allo stesso tempo, impediscono la penetrazione del solvente negli strati sottostanti, inoltre riducono il processo d'evaporazione diminuendo l'inalazione del solvente da parte dell'operatore. In linea generale gli addensanti dovranno essere lavorati ed applicati a pennello per tempi variabili secondo il caso e rimossi a secco o con un tampone leggermente imbevuto di solvente senza lasciare residui dannosi per l'opera. La densità finale del gel sarà controllata dall'operatore a seconda delle esigenze specifiche. I supportanti fondamentalmente si dividono in due categorie: addensanti cellulosici (metilcellulosa, etilcellulosa) e solvent-gel. La scelta di gelificare un solvente con un addensante cellulosico anziché per mezzo di solvet-gel potrà discendere da molteplici fattori come, ad esempio, l'eventuale presenza di materiali particolarmente sensibili all'acqua renderà gli addensanti cellulosici preferibili ai solvent-gel che, al contrario, risulteranno più idonei (grazie all'azione blandamente tensioattiva) per procedure di pulitura più generiche di superfici pittoriche e non.

**10.5. Scialbatura polimerica su superfici decorate a secco**
L'operazione di discialbo si rivelerà molto delicata vista la "fragilità" degli strati su cui dovrà operare e verrà indicata dalle prove preliminari di pulitura eseguite precedentemente l'intervento suddetto. Nel caso in cui la "scialbatura polimerica" si dovesse presentare con un basso contenuto di polimero, si seguirà la stessa procedura indicata per gli affreschi, avendo cura di scegliere un solvente che non danneggi i pigmenti utilizzati per la decorazione a secco.

## Art. 29. Preconsolidamenti

**Premessa metodologica**
Nel susseguirsi delle procedure operative il preconsolidamento deve essere considerato come l'operazione an tecedente la pulitura. Si basa, in pratica, sul ristabilimento preventivo delle proprietà di compattezza di quell e porzioni di materiale disgregato o polverizzato, già visibili in fase di progetto o individuate dopo la prima asportazione di depositi superficiali, che potrebbero essere danneggiate durante i successivi cicli di pulitura. Un'operazione di preconsolidamento potrebbe essere necessaria in presenza di depositi calcarei o patine ner astre tenacemente aderenti ad un concio di pietra molto fragile (frantumato, scagliato, attaccato dalle solfat azioni); in questo caso, prima della pulitura, devono essere eseguiti interventi preliminari di tutela tramite, ad esempio, la messa in opera di "ponti" di collegamento al fine di rendere tali frammenti nuovamente solidali. L'intervento di preconsolidamento ha, normalmente, lo scopo di fornire stabilità provvisoria a supporti particol armente decoesi sui quali sono necessari interventi successivi di pulitura (anche abbastanza aggressivi) incomp atibili con l'attuale stato conservativo, estremamente precario della superficie. Il preconsolidamento deve ope rare, essenzialmente, come presidio dei frammenti di materiale e allo stesso tempo non deve intervenire sui d epositi o patine da asportare. Non di rado per eseguire quest'operazione si utilizzano tecniche e metodi prop ri del consolidamento anche se nel primo caso la "terapia" è sovente concentrata su zone puntuali di superfici e mentre nel consolidamento è lecito procedere anche su zone più ampie di materiale degradato.
Art. 3.1 – Operazioni di preconsolidamento dei materiali lapidei
Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a sec co, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

**Generalità**
Le operazioni di preconsolidamento richiederanno maestria di messa in opera e, talvolta, potranno essere rip etute con tempi piuttosto lunghi così da permettere ai collanti utilizzati di fare presa (prima di iniziare i cicli di pulitura) pena la perdita di frammenti e scaglie originali. Questa procedura avrà una funzione esclusivament e preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversib ili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).
Dovrà essere vietato effettuare qualsiasi procedura di preconsolidamento e/o utilizzo di prodotti, anche se p rescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite s otto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale eti chetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utiliz zato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovverosia miscele di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratta di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

**1. Ponti di malta magra e/o resina**
Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, avrà il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture d ei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura. Al fin

e di sorreggere scaglie lapidee leggere, non più ampie di una mano, si potrà impiegare come collante una m alta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) con rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in picc ole porzioni. Queste deboli stuccature potranno essere stese con spatole a doppia foglia piatta o con cazzuol ini e dovranno essere posizionate, se non diversamente specificato, come ponti di collegamento tra i framment i in fase di distacco e la massa principale; potrà, inoltre, risultare vantaggioso scegliere una malta che presen ti, dopo la presa, un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile com e stuccatura provvisoria.
In alternativa si potrà utilizzare il medesimo impasto (sia a base di malta sia a base di resine sintetiche) pens ato per le stuccature definitive (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici riguardanti le stuccatur e e i consolidamenti) ma, in questo caso, l'impasto dovrà essere steso in modo molto puntuale al fine di metter e in opera solo i "ponti di collegamento" che verranno in seguito completati da operazioni successive alla pulit ura.

**2. Velinatura con garza di cotone o carta giapponese**
Questo tipo di intervento, potrà essere utilizzato in presenza di pellicole pittoriche in fase di distacco o eleme nti lapidei particolarmente esfoliati, erosi o disgregati al fine di preservarli da, se pur lievi, abrasioni causate dall'eventuale passaggio di un pennello per un trattamento preconsolidante, consolidante o dall'azione abras iva di una pulitura ad acqua. Le scaglie saranno assicurate mediante bendaggi provvisionali di sostegno: si pr ocederà in modo progressivo mettendo in opera "fazzoletti" di garza di cotone (comuni compresse di garze s terili), di tela grezza (da scegliere in base alla pesantezza e alle dimensioni del frammento in oggetto) o fogl i di carta giapponese di pochi centimetri di lato (da 6 a 12) fermati con resina acrilica in soluzione o in disper sione (per quanto riguarda la soluzione un buon esempio sarà costituito da una resina acrilica tipo *Paraloid* al 20% p/v, in solvente volatile come acetone, così da favorire una rapida presa o sempre al 20% in un diluent e nitro; mentre per la dispersione si potrà utilizzare una emulsione acrilica tipo *Primal B60A* al 5% v/v), oppu re con una soluzione acquosa al 3% di alcool polivinilico (ad es. *Gelvatol*) o acetato di polivinile.
Questa sorta di "filtro", realizzato con fogli di carta giapponese, potrà essere messo in opera anche in prese nza di impacchi pulenti (a base di polpa di cellulosa o di argille assorbenti) allorché si operi su strutture partic olarmente porose o decoese.
*Specifiche sui materiali:* La carta giapponese è una carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robu stezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte si rilevano utili oltre che per le velinature anche come "filtro" per operazioni di pulitura su superfici delicate o in avanzato stato di degrado.
*Alcool polivinilico*: Sostanza ad alto peso molecolare, solubile in acqua, alla quale si impartisce forte viscosità e proprietà emulsionanti. Si rileva poco solubile in solventi organici e viene sovente utilizzato in miscele di acq ua e alcool etilico denaturato (in soluzioni dal 3 al 10%) nelle operazioni di preconsolidamento per fissaggi d i scaglie e/o frammenti oppure per fissaggi mediante velinature con garza di cotone o carta giapponese.
*Acetato di polivinile*: Resina sintetica termoplastica, preparata per polimerizzazione dell'acetato di vinile, a su a volta ottenuto da acetilene e acido acetico. Utilizzata in soluzione dal 3 al 10% in alcool etilico o isopropili co oppure in miscele a base di acido etilico denaturato e acqua come fissativo di pellicole pittoriche o per es eguire "ponti di cucitura" di frammenti di scaglie decoese. Punto di rammollimento: 155-180 °C; viscosità a 2 0 °C della soluzione al 20% in estere etilico dell'acido acetico: 180-240 mPas.

**3. Nebulizzazione di miscele di silicato di etile**
La procedura (simile a quella descritta nell'articolo sul consolidamento mediante silicato di etile) potrà essere utilizzata sia per la riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti sia in presenza di fenomeni di polveriz zazione e decoesione della superficie lapidea e, si porrà come obiettivo quello di fissare temporaneamente il materiale. L'operazione consisterà nella nebulizzazione o, preferibilmente, nell'applicazione con pennello a se tola naturale morbida di miscela d'esteri dell'acido silicico (silicato di etile) in percentuale variabile in ragione del supporto. In linea di massima potranno essere prese come percentuali di riferimento quelle normalmente u tilizzate per il consolidamento per impregnazione abbassandole leggermente (in linea generale si potrà utiliz zare una quantità paria a circa 400-500 g/m² per il consolidamento d'apparecchi in cotto, e 200-300 g/m² per superfici intonacate con malta di calce). Su superfici particolarmente decoese o in presenza di scaglie di pellicola pittorica sarà consigliabile interporre tra il pennello e il materiale fazzoletti di carta giapponese cos ì da creare un filtro a protezione dell'azione abrasiva, se pur in minima parte, del pennello.

**4. Applicazione di sospensioni di idrossido di calcio**
La procedura sarà rivolta, in modo particolare, agli intonaci di calce o alle pitture murali, allorché si manifest eranno fenomeni di polverizzazione del colore o esfoliazione di strati pittorici così da garantire sia la riadesi one del pigmento sia della pellicola al supporto. Il preconsolidamento si baserà sull'applicazione di sospensio ni, direttamente sulle superfici, di soluzioni stabili d'idrossido di calcio in solventi inorganici (alcoli alifatici), le

particelle veicolate dal solvente penetreranno all'interno delle porosità superficiali così da produrre un nuovo processo di presa all'interno della matrice. Il solvente sarà da preferire all'acqua in quanto quest'ultima rend erà la sospensione nettamente più instabile provocando una velatura biancastra sulle superfici trattate, inoltre il solvente avrà il vantaggio di far decantare l'idrossido di calcio in tempi più lunghi (circa 16-18 ore contro g li appena 30-40 minuti delle soluzioni acquose). In ogni caso se si vorrà utilizzare l'acqua sarà consigliabile f ormulare soluzioni utilizzando acqua distillata. Le sospensioni potranno essere preparate con concentrazioni m olto variabili in ragione del supporto da consolidare, sarà, comunque, consigliabile iniziare da sospensioni ab bastanza diluite per poi spingersi a soluzioni più concentrate fino ad arrivare ad una crema di una certa consi stenza.
Il trattamento eseguito, con l'ausilio di pennello a setola morbida, in una due o più riprese, (intervallate gener almente da qualche giorno ed aumentando la concentrazione della soluzione), fino ad assorbimento totale de l supporto rientrerà in quelli di consolidamento corticale in quanto le particelle, pur di ridotte dimensioni, non r iusciranno a penetrare nel materiale in profondità (ca. 2 mm). La procedura non risulterà adatta per le superf ici che presentano depositi polverulenti o grassi, in quanto sostanze potenzialmente solubili e pertanto diffond ibili all'interno della matrice porosa. Su pitture murali o, più in generale, su supporti particolarmente decoesi s arà necessario interporre fazzoletti di carta giapponese che verranno rimossi dopo circa un'ora dall'applicazi one.
*Specifiche:* Le possibili velature bianche (che potranno emergere anche solo dopo poche ore dal trattamento) potranno essere eliminate (a meno che non sia previsto un successivo trattamento protettivo con prodotti a bas e di calce tipo scilabature o velature alla calce) con spugnature o tamponature di acqua distillata o con impa cchi, di qualche ora (circa 6-10 h) di polpa di cellulosa inumidita sempre da acqua distillata (per maggiori de ttagli si rimanda agli articoli specifici sulle puliture).

**5. Micro-iniezioni di miscele a bassa pressione**
Questo tipo di operazione sarà indirizzato verso la riadesione di modeste parti di intonaco o scaglie di lateri zio sollevate. Queste micro-iniezioni potranno essere effettuate in prossimità di piccole fessure, lacune o fori g ià presenti sulle superfici intonacate, in assenza di queste si potranno creare dei microfori con l'ausilio di idon ei punteruoli o micro-trapani manuali. Previa pulitura della fessurazione con una miscela di acqua deionizzata ed alcool (5:1 in volume), con lo scopo di creare dei canali nella parte retrostante e, al contempo, di verificar e l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire, si procederà all'i niezione, con l'ausilio di normali siringhe di plastica (da 10 cc o 20 cc), procedendo attraverso i fori o le soluzi oni di continuità poste nella parte più bassa per poi avanzare, verso quelle più in alto.
Per gli intonaci, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si potrà utilizzare iniezioni di una miscela composta da calce aerea diluita con percentuale del 5-10% di resina acrilica eventualmente caricata con carbonato di calcio o metacaolino micronizzato ed addittivata con gluconato di sodio, o, nei casi di distac chi più consistenti (ad es. scaglie di laterizio), con polvere di cocciopesto vagliata e lavata o sabbia silicea ve ntilata; in caso d'estrema urgenza o di murature umide, si potrà utilizzare calce idraulica naturale NHL 2 esen te da sali solubili, additivata con cariche pozzolaniche ventilate; in questo modo si potrà ottenere un solido an coraggio nel giro di 20-30 minuti. All'operazione di preconsolidamento, ad esempio, di una porzione consiste nte d'intonaco spanciato che minaccia di distaccarsi totalmente dal supporto, sarà utile affiancare quella di p residio provvisorio temporaneo facilmente realizzabile con la messa in opera, alla distanza di circa 2-3 cm, d i un tavolato continuo in legno protetto nella faccia verso il manufatto da un foglio di alluminio o da un film pl astico in polietilene (tipo *Domopak*); infine, lo spazio tra presidio e l'interfaccia dell'intonaco (precedentement e protetto con foglio di alluminio) sarà riempito da materiale morbido tipo gommapiuma (o in alternativa da schiuma di poliuretano).
*Specifiche sui materiali:* Le resine acriliche, come del resto le emulsioni acriliche pure (ovvero al 100%), potran no essere utilizzate in dispersione acquosa (ovvero un miscuglio eterogeneo contenente una percentuale varia bile di resina acrilica o di emulsione acrilica pura) sia come legante per pigmenti naturali e/o sintetici in polve re, sia come additivo per malte da sigillatura o iniezione (se non diversamente specificato per un impasto di c alce ed inerti in rapporto di 1:3 si aggiungerà 5-10% di emulsione acrilica) conferendo a questi impasti un pi ù veloce indurimento in superficie, un miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche (tenacità, durezza, resi stenza nel tempo ed agli agenti chimici, resistenza all'abrasione, alla trazione, alla compressione, alla flession e, all'impatto ed agli effetti del gelo) e un netto aumento di adesività su materiali quali laterizio, legno e cem ento.

## Art. 30. Puliture

**Premessa metodologica**
La pulitura di una superficie si deve prefiggere lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patog ene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico non deve incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non deve essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, qu

ello di sanare uno stato di fatto alterato. Si ritengono, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che pot rebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalm ente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causa sempre una seppur minima azione lesiva sul materiale, è opportuno che le operazioni siano ben calibrate e graduali, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore può verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, determinare quando l'intervento deve es sere interrotto.
I metodi di pulitura sono diversi in relazione al tipo di materiale sul quale s'interviene e alla sostanza che s'int ende asportare, per questo motivo, la scelta deve essere fatta basandosi su delle indagini preventive in mod o da poter avere un quadro informativo puntuale sia sulla natura dei degradi, ed il loro relativo livello d'insis tenza, sia sulla consistenza fisico-materica del supporto; in molti casi, infatti, il processo chimico che innesca il degrado è strettamente correlabile alla natura del materiale. Rimuovere le sostanze estranee da un manufatt o che presenta un degrado molto avanzato può comportare un aggravarsi dello stato di fatto per cui, prima dei lavori di pulitura, è opportuno intervenire con un preconsolidamento puntuale delle parti precarie così da evitare di danneggiare frammenti decoesi, esfoliati o indeboliti e, allo stesso tempo, di attaccare una superfic ie instabile con acqua e/o prodotti chimici che potrebbero peggiorare la situazione.

**Art. 30.1 – Operazioni di Pulitura materiali lapidei**
Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a sec co, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

**Generalità ed esecuzione di prove di pulitura**
Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salva guardare l'integrità del materiale e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o me no incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:
– analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativ o relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
– analisi dei prodotti di reazione, così da poter identificare la loro effettiva consistenza, la natura e la reatti vità chimica;
– preconsolidamento (preferibilmente reversibile) se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;
– esecuzione delle prove prescelte su campioni di materiale;
– analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la s uperficie.
Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, deve prefiggersi è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente, in particolar modo quelli che possono proseguir e il deterioramento del materiale. La facilità o difficoltà dell'asportazione e, di conseguenza, il ricorso a meto dologie più o meno aggressive, dipende strettamente dalla natura del deposito stesso:
– depositi incoerenti (particellato atmosferico terroso o carbonioso) che non risultano coesi con il materiale o d erivati da reazione chimica, depositati per gravità, o perché veicolati dalle acque meteoriche o di risalita (eff lorescenze saline);
– depositi incoerenti (particelle atmosferiche penetrate in profondità, sali veicolati dall'acqua di dilavamento ecc.) che tendono a solidarizzarsi alla superficie del materiale tramite un legame meccanico, non intaccando, però, la natura chimica del materiale;
– strato superficiale derivato dalla combinazione chimica delle sostanze esterne (volatili o solide) con il materi ale di finitura; i prodotti di reazione che ne derivano sono, ad esempio, le croste (prodotti gessosi) e la ruggin e (ossidi di ferro).
La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale che, a differenza delle croste, non intaccano la natu ra chimica del materiale, potrà essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici, facili da applicare come ad esempio: stracci, spazzole di saggina, scope, aspiratori ecc. integrati, dove il caso specifico lo richie de, da bisturi, piccole spatole e lavaggi con acqua; invece nel caso in cui si debbano asportare depositi solid arizzati con il materiale, sarà conveniente ricorrere a dei cicli di pulitura più consistenti come, ad esempio, tec niche di pulitura a base d'acqua, pulitura con impacchi acquosi o con sostanze chimiche, pulitura meccanica, p ulitura mediante l'uso di apparecchi aeroabrasivi, sabbiatura controllata ecc.
Ogni qualvolta si utilizzeranno sistemi di pulitura che implicheranno l'uso di considerevoli quantitativi d'acqua (spray di acqua a bassa pressione, idropulitura, acqua nebulizzata, acqua atomizzata ecc.) dovrà essere pia nificato in sede di cantiere, prima di procedere con l'intervento, il sistema di raccolta e di convogliamento del liquido e dovrà essere prevista la protezione (mediante l'utilizzo di teli impermeabili) delle parti che, non esse ndo interessate dall'operazione di pulitura (serramenti, vetri ecc.), potrebbero essere danneggiate durante la procedura.

Ogni procedura di pulitura, in special modo se caratterizzata dall'utilizzo di prodotti specifici anche se prescr itti negli elaborati di progetto, dovrà essere preventivamente testata tramite l'esecuzione di campionature es eguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; in ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impa sto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni, ovverosia miscele di due liquidi, rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni, cioè scioglimen to di un solido in un liquido, rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

**1. Sistemi di pulitura per gli elementi lapidei**

I materiali lapidei rientrano nella categoria dei materiali a pasta porosa e come tali risentono particolarment e dell'azione disgregatrice operata dalle condizioni al contorno. La superficie, generalmente lavorata, a cont atto con gli agenti atmosferici è sottoposta ad una serie di lente trasformazioni chimiche-fisiche che portano, n el corso degli anni, alla formazione di una patina superficiale, non dannosa, una sorta di protezione naturale che si limita ad alterare solo l'aspetto cromatico del materiale. Attualmente, le sostanze inquinanti presenti nel l'atmosfera ostacolano la formazione della patina attaccando direttamente i materiali lapidei favorendone l a disgregazione e l'insorgenza di croste nere. L'intervento di pulitura su questo tipo di materiali deve, princip almente, essere indirizzato ad eliminare la presenza di efflorescenze, croste nere, macchie ecc. che provocan o il lento deterioramento della materia e, laddove è presente, conservare la patina naturale.

Le croste nere che ricoprono gli elementi lapidei, costituiscono un tipo di degrado che più di altri può alterare lo stato di fatto del materiale; oltre a mascherare le policromie, annullando l'originale gioco di luci e di ombr e caratteristico degli apparati decorativi, sono una fonte pericolosa di sali solubili e la loro persistenza fa sì c he la superficie sia sempre a contatto con le sostanze inquinanti. La presenza di croste nere può inoltre accent uare l'effetto di variazioni termiche, che accelerano il fenomeno di esfoliazione degli strati superficiali della p ietra provocando il distacco di frammenti.

**2. Pulitura mediante spray di acqua a bassa pressione**

Tecnica particolarmente adatta quando si tratterà di rimuovere polveri e depositi solubili in acqua o non trop po coesi al substrato; indicata soprattutto per asportare depositi superficiali sottili legati con gesso o calcite s econdaria, su materiali lapidei di natura calcarea e poco porosi, è sconsigliata in presenza di croste nere di s pessore considerevole (1-3 mm) e contenenti percentuali di gesso elevate (tra il 20% e il 30%) poiché i tempi di applicazione troppo lunghi potrebbero recare danni al materiale. La superficie da trattare sarà invasa da getti d'acqua a bassa pressione (2-3 atm) proiettati con l'ausilio di ugelli (simili a quelli comunemente usati ne gli impianti di irrigazione o in orticoltura) indirettamente dall'alto verso il basso, in modo tale da giungere sul materiale in caduta. Quest'operazione di pulitura, oltre all'azione chimica, svolgerà anche una moderata azio ne meccanica e dilavante, (dovuta al moderato ruscellamento), grazie alla quale gran parte dei sali solubilizz ati potranno essere rimossi. Importante è tenere presente che la quantità d'acqua da impiegare dovrà essere tale da non inumidire troppo la muratura (l'intervento non deve superare i 15-20 minuti consecutivi); inoltre, è consigliabile evitare i cicli di pulitura a base d'acqua nei mesi freddi così da evitare gli inconvenienti connessi sia all'azione del gelo sia alla lenta evaporazione, per questo la temperatura esterna non dovrebbe essere mai sotto i 14 °C.

La pulitura dovrà procedere per porzioni limitate di muratura; nel caso questa tecnica sia utilizzata per la pul itura di materiali lapidei porosi si dovrà, necessariamente, ridurre al minimo indispensabile la quantità d'acqu a in modo da riuscire ad evitare la movimentazione dei sali presenti all'interno del materiale. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzi oni enunciate nell'articolo sulle generalità.

*Specifiche sui materiali:* per la pulitura di manufatti, dovrà, preferibilmente, essere utilizzata, acqua assolutam ente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2% (anche se sovente nel la pratica si ricorre all'acqua di rubinetto). L'acqua da impiegare dipenderà dalla natura del materiale, di n orma in presenza di calcari teneri si useranno acque più dure, acque a grana fine dove si riscontreranno prob lemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua di stillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acid e ($RSO_3H$) e basiche ($RNH_3OH$) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili e ne l caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di questo tipo, operando preferibilmente pe r via fisica.

**2.1. Pulitura mediante macchina idropulitrice a pressione controllata**

L'idropulitura risulterà particolarmente adatta per effettuare lavaggi su delle superfici non di particolare pre gio e soprattutto non eccessivamente degradate o porose poiché la pressione del getto (4-6 atm), in questo c aso, potrebbe risultare troppo aggressiva e lesiva per il materiale ed implicare, sia l'eventuale distacco di p arti deteriorate sia l'asportazione anche di porzioni sane di superficie. La procedura prevedrà l'esecuzione d el lavaggio con getto di acqua, calda o fredda in riferimento alle indicazioni della D.L., emesso tramite l'ausil

io di un ugello erogatore distante dalla superficie in una misura mai inferiore a 5 cm o superiore a 20 cm; si procederà con la pulitura dall'alto verso il basso per delimitate campiture, così da riuscire ad asportare veloc emente lo sporco ed evitare la sua eventuale penetrazione (per percolamento) nelle parti inferiori, dopodiché si terminerà con un risciacquo dell'intera superficie. Al termine delle operazioni di lavaggio è opportuno accer tarsi che l'intervento non abbia provocato dei danni al materiale (erosioni, abrasioni ecc.) e che non siano pre senti polveri trasportate verso il basso dal ruscellamento delle acque di lavaggio. Considerata la quantità d' acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunci ate nell'articolo sulle generalità.

**3. Pulitura mediante spray d'acqua nebulizzata**

Un'alternativa alla pulitura con spray d'acqua deionizzata è la nebulizzazione del liquido tramite ugelli a con o vuoto (dotati di pinze e posizionati a 30-40 cm dalla superficie) caratterizzati da un orifizio molto piccolo, (diametro tra 0,41 e 0,76 mm), che permette di invadere la superficie da trattare (obliquamente e quasi senz a pressione) con una fitta nebbia di goccioline, del diametro di circa 1/10 mm. Sostanzialmente le precauzion i da prendere saranno le stesse del metodo precedentemente illustrato, questo sistema sarà valido soprattutto per rimuovere incrostazioni costituite da composti parzialmente idrosolubili; l'acqua impiegata potrà essere d eionizzata ed additivata con tensioattivi neutri allo scopo di diminuire l'angolo di contatto e, rispetto allo spra y d'acqua, presenterà il vantaggio di accentuare l'azione diluente della pulitura chimica proprio grazie all'az ione nebulizzante delle goccioline. La nebulizzazione risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di p ulire pietre carbonatiche non troppo incrostate (meno adatta per pietre quarzo-silicatiche) e per interventi su calcari non troppo porosi, dove le sostanze da rimuovere non siano particolarmente tenaci, contrariamente, in presenza di depositi difficili da rimuovere, si completerà il ciclo di pulitura con impacchi o spazzole di saggin a. La pulitura dei materiali porosi con acqua nebulizzata dovrà ridurre i tempi d'irrorazione della superficie (così da evitare l'assorbimento d'acqua in profondità) ripetendo, se necessario, l'intervento più volte. L'applic azione continua della nebulizzazione sulla superficie non dovrà, comunque, mai superare i 15 minuti consecutiv i in modo da evitare che le murature s'impregnino eccessivamente (in condizioni "normali" il consumo d'acqua potrà essere valutato in 4 l/h per ugello). Tra i vari cicli di pulitura dovranno intercorrere ampie pause così d a consentire al materiale il completo prosciugamento. I tempi d'applicazione saranno comunque in funzione de lla consistenza dei depositi e della natura del materiale; su calcari teneri l'intervento potrà durare meno rispe tto a quello operato su quelli compatti. La pulitura mediante acqua nebulizzata si effettuerà in cantiere ricorr endo a specifica apparecchiatura e dovrà essere applicata, esclusivamente durante la stagione calda, mai co n valori minimi della temperatura esterna inferiori a 17 °C. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prim a di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle ge neralità.

**3.1. Pulitura mediante acqua atomizzata**

Molto simile alla tecnica della nebulizzazione è la pulitura mediante acqua atomizzata con la differenza che, in questo caso, lo spruzzo d'acqua è costituito da goccioline ancora più piccole. Mediante l'uso d'apposite ca mere di atomizzazione, infatti, l'acqua si ridurrà in un aerosol costituito da un numero elevato di finissime gocc ioline che fuoriusciranno da ugelli connessi ai lati delle camere mediante condutture flessibili; in questo modo aumenterà l'azione solvente dell'acqua nei confronti dei sali solubili e dei leganti delle croste nere, mentre di minuirà l'azione meccanica che si limiterà ad un debole ruscellamento sulle superfici sottostanti. Si ricorrerà a questa tecnica ogni qualvolta si dovrà eseguire la pulitura su porzioni particolarmente delicate come: appara ti decorativi, fregi, modanature ecc., e/o su superfici particolarmente degradate (decoese). La pulitura media nte l'atomizzazione sarà in grado di asportare dalle superfici lapidee (anche porose) di natura carbonatica, parte dei sali solubili e i depositi polverulenti e/o carboniosi. I tempi di applicazione sono più lunghi di quelli previsti per la nebulizzazione. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura, si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

**4. Pulitura meccanica (spazzole, bisturi, spatole ecc.)**

La pulitura meccanica di superfici lapidee, comprende una serie di strumenti specifici il cui impiego è in stretta relazione al grado di persistenza delle sostanze patogene che si dovranno asportare. Prima di procedere ad illustrare la gamma di utensili disponibili e le relative tecniche, è opportuno precisare che la riuscita delle ope razioni di pulitura meccanica, sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovr à prestare particolare attenzione a non arrecare danni irreversibili al materiale (incisioni o segni). La pulitura meccanica consentirà la rimozione di scialbature, depositi ed incrostazioni più o meno aderenti alla superficie; a tal fine si potrà ricorrere a strumenti di vario tipo partendo dai più semplici come: spazzole di saggina o di nylon, bisturi, piccole spatole metalliche, sino ad arrivare ad utilizzare apparecchiature meccanizzate più com plesse di tipo dentistico che, alimentate da un motore elettrico o pneumatico, consentiranno la rotazione di un utensile come ad esempio: microspazzolini in fibre vegetali o nylon (per asportare depositi più o meno adere nti), microfrese (atte all'asportazione di incrostazioni dure e di modeste dimensioni), micromole in gomma abr

asiva (ovviano l'inconveniente di lasciare tracce da abrasione grazie al supporto relativamente morbido), mic roscalpelli su cui si monteranno punte in vidia di circa 5 mm di diametro (adatti per la rimozione di depositi ca lcarei), vibroincisori, apparecchi che montano punte a scalpello o piatte con diametro di circa 2-3 mm (elimina no incrostazioni molto dure e coese come scialbi, stuccature cementizie ecc.). La carta abrasiva fine (400-600 Mesh) o la pomice potranno essere impiegate in presenza di superfici piane o poco irregolari, anche se la ba ssa velocità di avanzamento che caratterizza questo sistema, implicherà tempi di lavoro troppo lunghi e, per questo, potrà essere applicato solo su porzioni limitate di materiale. In presenza di stuccature cementizie, o in casi analoghi, si potrà procedere alla loro asportazione ricorrendo all'uso di un mazzuolo e di uno scalpello (unghietto); considerato l'impatto che potrà avere l'intervento sul materiale, si consiglia di effettuare l'operaz ione in maniera graduale in modo da poter avere sempre sotto controllo l'intervento.
Avvertenze
Questo tipo di pulitura potrà produrre variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'op eratore e delle condizioni conservative della superficie, mentre saranno assenti variazioni del colore delle sup erfici trattate da tale procedura.

**5. Pulitura mediante prodotti solventi**
La pulitura mediante solventi dovrà essere, necessariamente, impiegata nel caso in cui si operi in presenza di materiali o supporti (ad es., stucchi a gesso o stesure pittoriche a base gesso) che non siano in grado di soppo rtare puliture ad acqua. La procedura operativa prevedrà le seguenti fasi:
– esecuzione di prove preliminari di pulitura al fine di determinare il livello della rimozione dei prodotti di deposito e di alterazione, senza danneggiare il supporto, la sua finitura superficiale nonché il materiale di cui è costituito: tali prove serviranno, inoltre, per avere un campione di riferimento e di controllo durante le fa si successive di lavoro. Tali test dovranno essere eseguiti in presenza della DL ed essere visionati dagli organi di tutela del bene in oggetto; ogni campione dovrà essere catalogato e riportare il tipo di solvente utilizzato. Per la campionatura, (che dovrà necessariamente essere eseguita su differenti elementi lapidei), se non differ entemente specificato negli elaborati di progetto, potranno essere impiegati i seguenti solventi: acetone, acqu a ragia, diluente nitro e white spirit;
– pulitura degli elementi in oggetto mediante tamponi (batuffoli di cotone) o compresse di garza conte nente al suo interno materiale assorbente. L'operatore potrà impiegare il tampone impugnandolo direttament e o utilizzando un bastoncino in legno così da agevolare la pulitura di porzioni difficilmente raggiungibili com e incavi, spigoli, rientranze ecc. L'operatore, dopo avere imbevuto di solvente il tampone, procederà a strofin are leggermente la zona da pulire eseguendo, preferibilmente, un movimento rotatorio. Nei punti più difficili da raggiungere e/o in presenza di depositi o incrostazioni più coerenti, potrà essere necessario insistere nell' azione impiegando il movimento più adatto alla specifica esigenza. In caso di colature, o dispersioni incontroll ate del solvente misto al particellato di deposito, occorrerà operare la rimozione tempestivamente asciugand ole con un tampone o una pezza di garza asciutti. Subito dopo aver passato il tampone sarà necessario pass are sul manufatto oggetto di intervento una pezza di tessuto pulito ovvero un altro tampone inumidito con ido neo diluente così da rimuovere eventuali eccessi di solvente affinché questi non continuino la loro azione. In alt ernativa, ossia dove si renderà necessario un intervento più minuzioso e localizzato, ossia per le parti più delic ate policrome o dorate (scritte, stemmi, festoni, capitelli), sarà preferibile veicolare il solvente mediante l'utiliz zo di addensanti cellulosici ovvero solvent-gel. Queste tipologie di prodotti, oltre a risultare igroscopici, perm ettono di gelificare il solvente così da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo; in ques to modo l'azione di pulitura si rileverà più selettiva limitando la penetrazione del solvente negli strati sottosta nti. Il gel sarà applicato con pennelli piccoli e morbidi per i tempi e con la densità stabiliti dai test-campione eseguiti in precedenza; in caso di superfici particolarmente decoese si potranno frapporre tra il composto e il supporto dei fazzoletti di carta giapponese. Il composto sarà rimosso a secco o a tampone leggermente imbe vuto così da evitare di lasciare eventuali residui dannosi per il manufatto.
Avvertenze
La scelta del solvente adatto alla rimozione di una certa sostanza richiederebbe, di norma, l'esatta conoscenz a della natura chimica del materiale da disciogliere; nel caso in cui si disponga di tale conoscenza preliminar e all'intervento, sarà sufficiente utilizzare il Triangolo delle Solubilità dei solventi così da arrivare immediatam ente ad una possibile, quanto idonea soluzione. Nel caso in cui l'operatore non abbia la piena conoscenza del la natura del materiale da rimuovere, sarà necessario eseguire delle prove campione sulla superficie da rimu overe. I suddetti test, eseguiti dietro specifica autorizzazione della DL, dovranno verificare, con delle miscele s olventi standard a parametri di solubilità noti (potrà, per semplicità, essere considerato solo uno dei tre para metri ad es. la *fd* ovvero la forza di dispersione), il valore necessario per solubilizzare il materiale ovvero la vernice in oggetto: in accordo col valore trovato, verrà scelto il solvente adeguato per la pulitura. Il pratica si dovranno eseguire delle modeste tassellature di prova partendo sempre dalla miscela (ovvero dal solvente) c on valore più basso per poi passare alla successiva, fino a quando se ne troverà una che solubilizzerà il solut o in questione. Stabilito, in questo modo, il parametro spia, si potrà compiere la scelta del solvente (o più spes so della miscela di solventi, ad es. 1 parte di white spirit e 3 parti di trielina per asportare depositi, grassi di

oli e cere) avente il valore ricercato. La selezione, pertanto, sarà indirizzata dalla tabella dei parametri di so lubilità nelle immediate vicinanze del valore del parametro scelto determinato dalla prova-campione. In linea generale, la scelta dovrà ricadere su un solvente il meno tossico possibile, nel caso tale solvente non dovesse esistere, il valore spia dovrà essere riprodotto mediante miscela di solventi (per semplicità operativa converr à operare verso miscele binarie).
La scelta dei solventi, sia quando risulti nota la natura del soluto, sia quando si debba ricavare mediante pro ve campione, rappresenta di norma un compromesso tra esigenze diverse quali il potere solvente, la stabilità, la non corrosività, la tossicità e l'infiammabilità. Considerando i parametri di solubilità (ovvero *fs* forze di disp ersione tipo apolari, *fp* forze di tipo polari e *fh* forze di legame a Idrogeno) dei solventi organici, sarà, perta nto, consigliabile sostituire un solvente organico con un altro solvente o una miscela di solventi la cui terna di p arametri di solubilità sia analoga a quella del solvente da sostituire, specialmente se questo ultimo si rileva m olto tossico. L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi ed una maggiore sicurezza per l'operatore.
Per utilizzare, manipolare e/o conservare i suddetti prodotti si dovrà, obbligatoriamente, fare riferimento a quanto indicato sulle relative etichette e schede di sicurezza. I prodotti dovranno, inoltre, essere ad esclusivo u so di personale professionalmente qualificato. In ogni caso dovranno sempre essere utilizzati i dpi (dispositivi di protezione individuali) adeguati a protezione della pelle, degli occhi, del viso e delle vie respiratorie.
Specifiche sui materiali
*Acetone anidrite solvente polare*, volatile atossico presenta un ottimo potere solvente miscibile con molti liquidi e può essere impiegato come solvente intermediario.
*Acqua ragia minerale solvente apolare,* la versione dearomatizzata, presenterà una tossicità inferiore; sarà, co munque, consigliabile utilizzarla in ambiente areato.
*Diluente nitro antinebbia,* miscela di vari solventi (toluene, acetone, dicloropropano, alcool isopropilico), alcuni t ossici a polarità media a rapida evaporazione, possiede un buon potere solvente.
*White spirit* (ragia dearomatizzata), miscela di idrocarburi, liquido limpido di odore caratteristico è insolubile in acqua ma miscibile con la maggior parte dei solventi organici.
*Solvent-gel* si costituiscono a partire da acido poliacrilico e ammina di cocco, la quale possiede la proprietà d i neutralizzare la funzione acida dell'acido poliacrilico e, contemporaneamente, di conferire all'addensante a nche blande proprietà tensioattive. L'aggiunta al solvente scelto e poche gocce d'acqua provocano il rigonfia mento del sistema e la formazione del gel.
*Addensanti cellulosici*: agiscono per rigonfiamento diretto della struttura cellulosica da parte del solvente puro o di loro miscele. La metilcellulosa si rileva più adatta per gelificare solventi polari (acetone, white spirit ecc.) o miscele di questi, da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v. L'etilcellulosa si rileva, invece, più adatta per solventi a polarità medio bassa (clorurati, chetoni, esteri ecc.) o apolari; la percentuale di utilizzo varia d al 6% al 10% (p/v) a seconda dei casi.

**6. Pulitura mediante impacchi**
Le argille assorbenti, come la seppiolite e l'attapulgite, sono dei silicati idrati di magnesio, mentre la polpa di cellulosa è una fibra organica ottenuta da cellulose naturali (disponibile in fibre di lunghezza variabile da 40 a 1000 μ); mescolate insieme all'acqua, questo tipo di sostanze, sono in grado di formare una sorta di fango capace di esercitare, una volta a contatto con le superfici lapidee e opportunamente irrorato con acqua (o co n sostanze chimiche), un'azione, di tipo fisico, di assorbimento di liquidi in rapporto al proprio peso. La pulitur a mediante impacchi assorbenti risulterà vantaggiosa, oltre che per l'asportazione dei sali solubili, per la rimo zione, dalle superfici lapidee, di strati omogenei di composti idrosolubili o poco solubili (come croste nere poc o spesse, di circa 1 mm), macchie originate da sostanze di natura organica, strati biologici (batteri, licheni e al gali). Gli impacchi, inoltre, sono capaci di ridurre le macchie di ossidi di rame o di ferro. Il vantaggio del loro utilizzo risiede anche nella possibilità di evitare di applicare direttamente sulla superficie sostanze pulenti (in special modo quelle di natura chimica) che, in alcuni casi, potrebbero risultare troppo aggressive per il substr ato. La tipologia d'impacco dipenderà dal grado di persistenza e dalla solvenza dello sporco da rimuovere, ma si deve tenere presente che gli impacchi non risulteranno particolarmente adatti per asportare croste spes se e, in caso di materiali porosi e/o poco coesi, sarà opportuno, al fine di non rendere traumatica l'operazion e d'asportazione, interporre sulla superficie carta giapponese o *klinex*. Potrà essere conveniente, prima di ap plicare l'impacco, operare lo "sgrassamento" e la rimozione d'eventuali incerature superficiali ricorrendo a sol venti come acetone, cloruro di metilene ecc. e, dove risulterà possibile, effettuare un lavaggio con acqua (dei onizzata o distillata) in modo da asportare i depositi meno coerenti ed ammorbidire gli strati carboniosi più c onsistenti. In presenza di efflorescenze si dovrà provvedere alla loro asportazione meccanica tramite lavaggi o con acqua deionizzata e spazzolino morbido prima di procedere con l'operazione.
In linea generale si deve preferire basse concentrazioni con conseguenti tempi di applicazione più lunghi rispe tto ad impacchi con soluzioni elevate con tempi di applicazione brevi.

**6.1. Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione di sali solubili mediante applicazi one di compresse assorbenti)**

L'impacco acquoso consisterà nell'applicazione, direttamente sulla superficie, (preventivamente umidificata co n acqua distillata o deionizzata) di argille assorbenti (seppiolite o attapulgite con granulometrie comprese tr a i 100 e i 200 Mesh) o polpa di cellulosa (fibra lunga 600-1000 μ) previa messa in opera, dove si renderà necessario, di *klinex* o fogli di carta giapponese indispensabili per interventi su superfici porose e/o decoese. La preparazione dell'impacco avverrà manualmente imbevendo con acqua deionizzata o distillata il material e assorbente fino a che questo non assumerà una consistenza pastosa tale da consentire la sua applicazione, con l'ausilio di spatole, pennelli o, più semplicemente con le stesse mani, in spessori variabili a seconda delle s pecifiche dettate dalla DL (2-3 cm per le argille, 1 cm per la polpa di cellulosa). La permanenza dell'impacco sulla superficie sarà strettamente relazionata al caso specifico ma soprattutto farà riferimento alle indicazioni, dettate dalla DL, basate su prove preventive effettuate su campioni (circa 10x10 cm). Il tempo di contatto (d a pochi minuti a diverse ore) dipenderà dalla concentrazione delle soluzioni impiegate (da 5% a 130%, alle soluzioni sature), dal tipo e dalla consistenza del degrado che dovrà essere rimosso. La plasticità dell'impacco potrà essere migliorata aggiungendo all'acqua e all'argilla quantità variabili di attapulgite micronizzata. Gli impacchi dovranno essere eseguiti con temperature esterne non inferiori a 10 °C; se applicati durante un peri odo caldo, o in presenza di vento, al fine di rallentare l'evaporazione del solvente, potranno essere protetti e sternamente con strati di cotone o teli di garza imbevuti di acqua demineralizzata, coperti da fogli di polietil ene muniti di un'apertura dalla quale verrà garantito l'inumidimento della superficie sottostante. La rimozione della poltiglia potrà essere eseguita quando questa, una volta asciutta, formerà una crosta squamosa ed inco erente tale da distaccarsi dal supporto poiché non più aderente alla superficie. I frammenti di pasta cadrann o da soli o potranno essere rimossi con facilità aiutandosi con pennello o spatola. Il supporto dovrà essere lav ato con acqua demineralizzata, nebulizzata a bassa pressione in modo da riuscire ad asportare tutto il mater iale assorbente aiutandosi, se necessario, anche con spazzole e pennelli di setole di nylon morbide. Sia l'attap ulgite che la seppiolite saranno in grado di assorbire una grande quantità di liquidi in rapporto al loro peso (un chilogrammo di attapulgite è in grado di assorbire 1,5 kg d'acqua senza rigonfiare); l'attapulgite riuscirà ad assorbire, oltre l'acqua, anche gli oli. Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto po rose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

Specifiche sui materiali

In alternativa all'impasto composto in cantiere potrà essere impiegato un impasto premiscelato denominato *Westox Cocoon* costituito esclusivamente da acqua distillata, fibre di purissima cellulosa di grado A (farmace utico, non riciclata), proveniente da pasta di pino di prima scelta esente da Arsenico. La pasta (con ph di 8,0-8,5) viene alcalinizzata con Carbonato di Calcio da polvere di marmo, invece che con il normale Bicarbonato di Sodio, onde evitare di introdurre uno ione estraneo alla malta di calce, e modificata con terre silicee assor benti purissime (farina fossile diatomacea). La pasta dell'impacco *Cocoon* è fornita pronta all'uso, non necessit a di nessuna aggiunta né di essere mescolata. Si applica alla superficie (per un minimo di due applicazioni) m ediante spatola piatta, cazzuola o a spruzzo per grandi superfici, per uno spessore di circa 10 mm (consumo di circa 10 l/m²), anche da mano d'opera non specializzata. Dopo circa 7-28 giorni dall'applicazione (14 gio rni in condizioni climatiche medie, ma anche molto di più) la pasta sarà diventata un cartone contenente i sali e potrà essere distaccata manualmente dal substrato o con l'eventuale aiuto di spatola piatta. Il cartone potr à essere mandato a discarica ordinaria. Così come per l'impacco "tradizionale", la superficie interessata dovr à essere lavata con acqua demineralizzata eventualmente coadiuvata da una leggera spazzolatura manuale eseguita con spazzole morbide.

Avvertenze

Il degrado e i danni si presenteranno in proporzione alla quantità percentuale in peso dei sali totali presenti nel muro. Il contenuto salino del muro potrà essere verificato da analisi di laboratorio su campioni secondo la norma UNI 11087 Beni Culturali "Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto di sali solubili. Specie ioniche". La valutazione dei "sali totali" (ossia la somma delle seguenti specie ioniche: cloruri, s olfati, nitrati e Sodio, Potassio, Magnesio, Calcio) mediante conduttività, prevista dalla stessa norma, potrà es sere accettata per misure comparative a discrezione del Direttore dei Lavori.

In linea generale un muro potrà essere classificato secondo il grado di contaminazione in:

– pulito quando contiene meno dello 0,20% di sali totali al suo interno;

– poco contaminato quando contiene dallo 0,30% allo 0,50% (con questo contenuto salino vi sono pochi dann i);

– mediamente contaminato dallo 0,60% all'1,50%;

– molto contaminato dall'1,60% al 3,00% di sali;

– gravemente contaminato oltre il 3,00% di contenuto salino.

L'abbassamento del contenuto salino totale del muro sotto allo 0,20% garantisce che il muro è sano, e rimarr à tale se non entrano nuovi sali. Essendo ogni situazione di cantiere diversa, il numero di applicazioni necessar io per raggiungere, nel caso particolare, la soglia ideale dovrà essere valutata singolarmente; in ogni caso, s

e non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si eseguiranno un minimo di due cicli di impacco int ervallati da almeno 14 giorni.

**6.2. Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche**

In presenza di sostanze patogene particolarmente persistenti (croste poco solubili) gli impacchi potranno esser e additivati con dosi limitate di sostanze chimiche, in questo caso l'operazione dovrà essere portata a compim ento da personale esperto che prima di estendere il procedimento a tutte le zone che necessiteranno dell'inter vento, eseguirà delle limitate tassellature di prova utili a definire, con esattezza, i tempi di applicazione e val utare i relativi effetti. Le sostanze chimiche, a base di solvente o di sospensioni ad azione solvente, con le qual i si potranno additivare gli impacchi dovranno avere una limitata tossicità, bassa infiammabilità, adeguata ve locità di evaporazione e una composizione pura. Un solvente troppo volatile non riuscirà a soluzionare in tem po il deposito così come un solvente con alto punto d'evaporazione ristagnerà sulla superficie. Si potrà ricorre re a prodotti basici o a sostanze detergenti quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell'acqua di lavag gio. Le sostanze a reazione alcalina più o meno forte (come l'ammoniaca, i bicarbonati di sodio e di ammoni o) saranno utilizzate soprattutto per saponificare ed eliminare le sostanze grasse delle croste a legante orga nico e, in soluzione concentrata, saranno in grado di attaccare incrostazioni scure spesse e scarsamente idrosol ubili. I detergenti saranno in grado di diminuire la tensione superficiale dell'acqua incrementandone, in questo modo, l'azione pulente; l'utilizzo dei detergenti consentirà di stemperare le sostanze organiche (oli e grassi), d i tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati, di compiere un'azione battericida presentando il vantaggio di poter essere asportati insieme allo sporco senza lasciare alcun residu o.

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) uno dei formulati che, se non diversamente indicato da lla DL, potrà essere utilizzato si comporrà di:

– 1000 cc di acqua deionizzata;
– 50 g di carbossimetilcellulosa (serve per dare consistenza tissotropica all'impasto);
– 30 g di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$);
– 50-100 g di EDTA (sale bisodico).

Il tempo di contatto potrà variare secondo i casi specifici: nel caso in cui la DL riterrà opportuno prolungarlo n el tempo (sulla base di prove preventive su tasselli di materiale campione), si dovrà provvedere alla copertur a dell'area interessata con fogli di polietilene in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua presente nel c omposto. Una volta rimosso il composto, si dovrà procedere alla pulitura con acqua deionizzata aiutata, se si riterrà necessario, con una leggera spazzolatura.

L'EDTA bisodico è particolarmente efficace nella rimozione di patine di gesso, generate da solfatazioni e car bonato di calcio legate alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali, grazie al pH debolmente acid o (pH ≈ 5). L'EDTA tetrasodico con il pH alcalino (pH ≈ 11) risulterà particolarmente efficace nella rimozione di patine di vario colore (giallo, rosa, bruno) composte da ossalato di calcio (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in s eguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie).

In alternativa si potrà utilizzare un impacco leggermente diverso denominato AB 57 composto nel seguente m odo:

– 1000 cc di acqua deionizzata;
– 60 g di carbossimetilcellulosa;
– 50 g di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$);
– 30 g di bicarbonato di ammonio ($NH4HCO_3$);
– 25 g di EDTA (sale bisodico);
– 10 g di Neodesogen (sale di ammonio quaternario) al 10%.

Rispettando la composizione si avrà una soluzione il cui pH sarà di circa 7,5 (sarà, in ogni caso, sufficiente che il pH non superi il valore di 8 al fine di evitare pericolosi fenomeni di corrosione dei calcarei e l'eventuale for mazione di sotto prodotti dannosi); la quantità di EDTA potrà variare fino ad un massimo di 100-125 g, alla miscelazione potranno essere aggiunte ammoniaca o tritanolammina (liquido limpido, viscovo, molto igroscopic o) allo scopo di migliorare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nella crosta. Anche in questo caso a d operazione avvenuta si renderà indispensabile un lavaggio con acqua deionizzata accompagnato, se si rite rrà necessario, da una blanda azione meccanica di spazzolatura.

Per la rimozione di ruggine dalle superfici lapidee il reagente utilizzato sarà diverso a seconda se si tratterà di operare la pulitura su rocce calcaree o su rocce silicee; le macchie di ferro, su queste ultime, si potranno rim uovere mediante acido fosforico e fosfati, floruri o citrati mentre, sulle rocce calcaree, si potrà ricorrere a una soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6 per aggiunta di acido fosforico) facendo attenzio ne a limitare al minimo il tempo di contatto. È buona norma, prima di applicare gli impacchi, sgrassare la sup erficie da pulire e, al fine di limitare la diffusione del ferro all'interno del materiale, applicare i primi impacc hi su di un'area doppiamente estesa rispetto a quella dell'intervento e quelli successivi limitandosi alla parte i nteressata dalla patologia.

*Avvertenze*
Questo tipo di pulitura comporterà inevitabilmente un blando effetto di corrosione delle superfici calcaree so prattutto in avanzato stato di degrado, ciò è dovuto principalmente alla presenza di agenti complessati del c alcio all'interno del formulato AB57. La pulitura con impacco chimico aumenterà, inoltre leggermente l'assorbi mento capillare di acqua in relazione all'effetto di corrosione corticale esaminato in precedenza. In alcuni casi inoltre, la pulitura chimica potrà presentare una leggere sbiancatura delle superfici trattate.
*Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Carbonato e Bicarbonato d'Ammonio*
Il carbonato e il bicarbonato di ammonio (veicolati nella maggior parte dei casi con impacchi di polpa di cell ulosa) sono sali solubili in acqua, ai quali si potrà ricorrere in percentuali che varieranno da 5% a 100%, seco ndo i casi; potranno essere utilizzati sia da soli che in composti e, non di rado, a questa tipologia di impacchi si potranno aggiungere resine a scambio ionico con effetto solfante applicate in seguito a miscelazione con ac qua demineralizzata in rapporto variabile, in base alla consistenza finale che si vorrà ottenere per effettuare il trattamento (i tempi di applicazione sono, anche in questo caso, da relazionarsi ad opportuni test preventivi). Il carbonato e il bicarbonato di ammonio decompongono spontaneamente originando prodotti volatili (di nor ma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferir à al trattamento proprietà detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il carbonato che per il bicarbonato) c onsentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consente ndone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a tras formare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in solfato di ammonio più solubile e facilmente asporta bile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la conce ntrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicar bonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del bicarbonato d'ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e per i calcari s ensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco. In presenza di efflore scenze visibili sarà utile un'anticipata rimozione meccanica delle stesse, allo scopo di evitare la loro solubilizz azione e conseguente compenetrazione in seguito alla messa in opera dell'impacco.
*Esempi di impasti*: un impasto base per la rimozione di patine tenaci, fissativi o pitturazioni eseguite con colori più o meno resistenti sarà composto da:
– polpa di cellulosa a fibra media-grossa (tipo *Arbocell 200-600* μ, metà della quantità di polpa di cellulosa potrà essere sostituita con Sepiolite);
– carbonato di ammonio al 20-25% (soluzione satura e acqua deionizzata in rapporto 1:2), in alternativa si potrà utilizzare bicarbonato di ammonio in opportuna diluizione.
La validità dell'impacco dovrà, in ogni caso, essere testata preventivamente su tasselli-campione, indicativam ente il tempo di contatto potrà variare tra i 10 e i 45 minuti. La concentrazione della sostanza attiva non dovr à essere molto alta così da garantire all'impacco un'azione prolungata nel tempo e in profondità. Per pitturaz ioni eseguite con colori poco resistenti o delicati potrà essere utilizzata polpa di cellulosa con fibre corte (0-4 0 μ) o carbossimetilcellulosa (così da formare un impasto semitrasparente morbido e pennellabile) abbassand o i tempi di applicazione (che potranno oscillare dai 5 ai 20 minuti) così da evitare che l'impacco agisca trop po in profondità ed eserciti solo azione pulente in superficie. In presenza di pigmenti deboli potrà essere nec essario sostituire il carbonato con il bicarbonato di ammonio con l'eventuale riduzione delle concentrazioni e d ei tempi di contatto (potranno essere sufficienti anche solo pochi minuti).
Orientativamente impacchi realizzati con polpa di cellulosa a macinazione medio-grossa (200-1000 μ) verra nno impiegati con tempi di contatto relativamente lunghi (10-60 minuti) e con sostanza attiva (carbonato o bic arbonato di ammonio) in basse concentrazioni così da dar modo all'impacco di adire più a lungo e più in prof ondità. Impacchi, invece, realizzati con grana fine o finissima (00-200 μ verranno impiegati con tempi di cont atto più rapidi (5-20 minuti) e con sostanza attiva in bassa diluizione oppure in soluzione satura, così da evita re all'impacco di agire troppo in profondità garantendo una pulitura più delicata.
Specifiche sui materiali
Polpa di cellulosa: di colore bianco, deresinata ricavata dal legno. Le fibre presentano un'elevata superficie s pecifica, ed un'altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico e una buona capaci tà di trattenere i liquidi e sono, inoltre, insolubili in acqua ed in solventi organici. Un chilogrammo di polpa di c ellulosa sarà in rado di trattenere circa 3-4 l di acqua, minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 6 00, 1000 μ) maggiore sarà la quantità di acqua che sarà in grado di trattenere.
Avvertenze
L'applicazione degli impacchi chimici dovrà essere fatta dal basso verso l'alto in modo da ovviare pericolosi ed incontrollabili fenomeni di ruscellamento e al fine di ogni applicazione si procederà all'asportazione di og ni traccia di sostanza chimica ricorrendo sia ad un accurato risciacquo manuale con acqua deionizzata sia, se indicato dalla scheda tecnica del prodotto, all'ausilio di apposite sostanze neutralizzatrici. I vantaggi degli im pacchi, indipendentemente dalla tipologia, risiedono nella loro non dannosità, nel basso costo (le argille sono

riutilizzabili previo lavaggio in acqua) e nella facilità di messa in opera, non solo ma se si userà una miscela d i polpa di cellulosa più argille assorbenti (in rapporto 1:1) si potranno sfruttare le caratteristiche migliori di en trambe (l'impacco che ne deriverà si presenterà morbido e malleabile tale da permettere l'applicazione sulle zone interessate senza cadute di materiale o percolazione di liquido in eccesso sulle zone limitrofe); per contr o gli svantaggi sono la lentezza dell'operazione e la loro relativa non controllabilità.

*Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Resine a scambio ionico*

Il pulitore a scambio cationico (descialbante) funziona come agente di pulitura nei confronti di scialbature e in crostazioni calcaree, "sequestrando" ioni di calcio al supporto cui viene applicato in modo lento e delicato, ga rantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura. Il pulitore risulterà facilmente disperdibile in acqu a demineralizzata o distillata con la quale, allorché venga miscelato per 1/7-1/8 del suo peso (ovvero con a ltro rapporto a secondo della consistenza finale descritta negli elaborati di progetto), fornisce un impasto faci lmente applicabile a spatola su superfici con qualsiasi orientamento; con quantitativi d'acqua leggermente su periori si otterranno impasti più scorrevoli applicabili a pennello.

Le resine a scambio anionico (desolfatanti) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati, derivati d all'aggressione da inquinamento atmosferico, su materiali lapidei di origine sia naturale sia artificiale quali: marmi, pietre, malte, intonaci, affreschi o pitture murali. Al fine di ottenere un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici di qualsiasi orientamento sarà necessario disperdere, orientativamente, una parte in pe so di resina in una parte in peso di acqua deionizzata o distillata. Quantitativi maggiori di acqua (1,2-1,5 pa rti in peso), consentiranno applicazioni a pennello o con erogatori a spruzzo. In particolari situazioni applicati ve e sempre dietro specifica indicazione della DL potranno essere ammesse anche soluzioni di carbonato di a mmonio sino al 10% p/p, sempre preparate con acqua deionizzata o distillata; tali impasti dovranno essere messi in opera subito dopo la loro preparazione. Se si utilizzeranno impasti con soluzioni di carbonato di amm onio, sarà necessario accertare, e di conseguenza, proteggere l'eventuale presenza di parti infisse o di pigm enti a base di rame.

In entrambi i casi, al fine di migliorare il trattamento, sarà consigliabile operare, sulla superficie da trattare, u n preventivo trattamento di umidificazione con acqua demineralizzata ovvero distillata, fermo restando che le superfici da trattare dovranno essere liberate da eventuali depositi di polvere o detriti di qualsiasi genere. L' azione del prodotto si esplica sino a che l'impasto rimarrà sufficientemente bagnato, per cui, se necessario, d ovrà essere cura dell'Appaltatore proteggere gli impacchi dagli essiccamenti troppo rapidi con fogli di poliet ilene od altri film plastici. Dovranno, in ogni caso essere evitate temperature inferiori ai 10 °C e superiori ai 3 0 °C. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa.

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle appl icazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da af frontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle su perfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della DL.

Trascorso il tempo di trattamento ritenuto utile, l'impasto, o meglio il suo residuo dall'evaporazione, potrà ess ere rimosso per azione meccanica blanda, ad esempio con spazzolatura, combinata o meno ad una aspirazio ne. Nel caso in cui l'impacco fosse stato preservato con una pellicola, questa dovrà essere staccata per prima e la rimozione dei residui iniziata dopo un opportuno tempo di asciugamento. La pulitura della superficie potr à essere completata, se prescritto dalla DL, mediante una spugnatura con acqua deionizzata. Se necessario, il trattamento potrà essere ripetuto, in linea di principio indefinitamente, sino all'ottenimento del risultato più so ddisfacente.

Avvertenze

Le resine a scambio ionico tipo cationico hanno caratteristiche acide, pertanto dovranno essere evitati con cur a il contatto con la pelle, con le mucose, con gli occhi ed assolutamente non andrà ingerito tale prodotto. L'imp asto, quando diventa secco e polverulento, diventa ancor più pericoloso poiché potrebbe essere facilmente in alato ed entrare negli occhi.

*Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di enzimi*

La pulitura con l'utilizzo di enzimi rappresenta la migliore alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazi one idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridi che su superfici policrome. Il loro utilizzo rappresenta una scelta di sicurezza sia per l'operatore (poiché adop ererà sostanze prive di esalazioni tossiche o irritanti) sia per l'opera (gli acidi e le basi si rilevano sovente non sufficientemente selettivi nei confronti dello specifico substrato da asportare). Una delle caratteristiche princip ali degli enzimi risiede appunto nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in una data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica, vale a dire non potrà modificare una sostanza diversa dal substra to, di conseguenza, l'operazione di pulitura non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulit ura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimati che sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque alt ra sostanza, senza perdere l'efficacia.

La procedura operativa prevedrà la messa in opera a tampone o a pennello e previo riscaldamento in bagn o d'acqua a 30-40 °C di un principio enzimatico (lipasi, proteasi o amilasi scelto in base alla sostanza da rim uovere) supportato da un gel acquoso a pH noto e costante (ad es. idrossi metil-propil cellulosa). Trascorsi alc uni minuti si procederà alla rimozione a secco, la superficie dovrà essere lavata con una prima soluzione acqu osa di tensioattivo (ad es. bile bovina allo 0,2%, e un tensioattivo non ionico all'1-2% o saliva artificiale allo 0,25%), a questo primo lavaggio ne dovrà seguire un secondo con tampone acquoso e, passate 4-5 ore dal t rattamento un terzo lavaggio finale con idrocarburi leggeri (ad es. essenza di petrolio dearomatizzato o *whit* e *spirit*).
Specifiche sui materiali
Gli enzimi principalmente utilizzati sono:
– proteasi capace di scindere le molecole proteiche idrolizzando i legami peptidici si rivela efficace per la ri mozione di macchie dovute a colle e gelatine animali, albumine, casine e uovo. Si può trovare nelle versioni st abilizzata, con pH acido (pH circa 5) o con pH alcalino (pH circa 8,4) per la rimozione controllata di sostanze proteiche anche su supporti delicati come gli affreschi;
– lipasi (pH circa 8,4) in grado di sciogliere i grassi catalizzando l'idrolisi dei trigliceridi, si rivela efficace per la rimozione di sostanze grasse, pellicole a base di oli essiccativi, vernici oleoresinose, cere e resine sintetiche come esteri acrilici e vinilici;
– amilasi (pH circa 7,2) idrolizza i legami glucosidici di polisaccaridi quali amido, cellulosa, gomme vegetali;
– saliva artificiale, prodotto a base di mucina per la pulitura pittorica superficiale, è particolarmente efficace se impiegata come lavaggio intermedio dopo la pulitura con enzimi o con saponi resinosi.
*Pulitura mediante impacco biologico*
Sono impasti da utilizzare su manufatti lapidei delicati o particolarmente decoesi, posti all'esterno, su quali no n sarà possibile eseguire puliture a base di acqua nebulizzata senza arrecare ulteriori danni. Di norma vengo no utilizzati per estrarre i sali solubili penetrati, per cause diverse, all'interno del materiale lapideo. I suddetti impacchi dovranno essere a base di argille assorbenti (sepiolite), contenenti prodotti a base ureica così comp osti:
– 1000 cc di acqua deionizzata;
– 50 g di urea $(NH_2)2CO$;
– 20 cc di glicerina $(CH_2OH)2CHOH$.
Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm da coprire con fogli di polietilene, a fine trattamento, se non diversamente specificato dalla DL, e si applicherà un fungicida per prevenire eventuali a ggressioni microbiologiche. I tempi di applicazione saranno stabiliti dall'operatore sotto il controllo della DL in base a precedenti prove e campionature.

*Avvertenze:* Nel caso di materiali coperti da efflorescenze, prima dell'applicazione degli impacchi queste and ranno asportate meccanicamente con spazzole morbide.

**7. Pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi (sistema Jos e Rotec)**
La pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi potrà essere impiegata al fine di rimuovere dalle superfici lapi dee particellato atmosferico, incrostazioni calcaree, croste nere, graffiti, alghe, muschi e licheni. Un metodo di pulitura aeroabrasiva è il sistema Jos che, sfruttando una spirale di tipo elicoidale a bassissima pressione (0,1 –1 bar) consentirà di operare interventi di pulitura, sia a secco (utilizzando aria e inerti di varia granulometri a) che ad umido (impiegando aria, inerti e bassi quantitativi di acqua che variano da 5-60 l/h in base al tipo di ugello utilizzato e allo sporco da rimuovere). Questo sistema potrà essere utilizzato per la pulitura di ogni t ipo di pietra naturale, granito, arenarie, marmo e travertino. La scelta degli inerti verrà fatta in base al tipo ed alla consistenza della sostanza patogena da asportare, in ogni caso si tratterà sempre di sostanze neutre non tossiche con granulometria di pochi micron (da 5 a 300 µm) e con durezza che potrà variare da 1-4 Moh s utilizzate, talvolta, con spigoli arrotondati, così che si possano ovviare a fenomeni di microfratture, forti abr asioni o modificazioni delle alterazioni del materiale lapideo. Tra gli inerti più adatti al caso troveremo: il car bonato di calcio, bianco di Spagna, gusci di noce, noccioli, polvere di vetro, granturco macinato, pula di riso. Si procederà con la proiezione a vortice elicoidale degli inerti che colpiranno la superficie seguendo più ango li d'incidenza secondo direzioni subtangenziali. La distanza che dovrà intercorrere tra l'elemento di immissione (ugello) e il materiale varierà normalmente tra i 35 cm e i 45 cm. Il sistema Jos eviterà l'insorgenza di un'azio ne abrasiva sul materiale, poiché la pressione dell'aria compressa diminuirà approssimativamente in proporzi one al quadrato della distanza dall'ugello, mentre la rotazione rimarrà inalterata.
Per superfici molto porose, o molto deteriorate, sarà indicato il sistema Jos a secco applicato ad una distanza dal supporto di circa 40-45 cm con una pressione di impatto non superiore all'1,5 bar; se dovranno essere pu lite superfici di marmo, granito e travertino si utilizzerà carbonato di calcio come inerte (in grani da 300 µm di diametro emessi da una distanza di circa 30-40 cm con pressione dell'impianto pari a 2 bar in modo che l'i mpatto sulla pietra sia pari a 0,4-0,5 bar).

Il sistema Jos a umido sarà impiegato per la pulitura di superfici non eccessivamente porose, così da evitare l' insorgenza di fenomeni di degrado legati all'infiltrazione in profondità dell'acqua. Si utilizzerà acqua lievem ente dura per la pulitura di calcarei teneri, acqua dolce sarà utilizzata per la pulitura di pietre silicee mentre, per rocce silicatiche e graniti, s'impiegherà acqua deionizzata. In ogni caso il consumo di acqua sarà in relazi one al tipo e alle dimensioni dell'ugello utilizzato (per ogni 2 m² di superficie pulita: ugello piccolo 1 l, ugello standard 6 l); occorrerà sempre procedere con estrema cautela e previa analisi delle caratteristiche intrinsech e della pietra da trattare in modo da evitare interventi troppo aggressivi che potrebbero implicare sia l'erosi one del materiale sia un'eccessiva, quanto dannosa, impregnazione di acqua.
In alternativa al sistema Jos si potrà ricorrere al sistema Rotec caratterizzato da un mini vortice rotante. Partic olarmente adatto per puliture di manufatti delicati (sculture, rilievi, ceramiche ecc.) potrà essere utilizzato a se cco, a nebulizzazione (l'ugello erogherà 0,5 l/h di acqua) o a umido (l'ugello erogherà da 1 a 3 l/h di acqu a). L'inerte e l'ugello sono, anche in questo caso come per il sistema Jos, regolabili (la pressione d'impatto sul materiale non supera lo 0,2-0,4 bar).

**8. Pulitura mediante sabbiatura controllata**
La sabbiatura controllata prevedrà, mediante l'impiego di macchine sabbiatrici, la rimozione di depositi spess i coerenti ed aderenti alla superficie ricorrendo a polveri abrasive sospese in un getto d'aria compressa diret to sulla superficie per mezzo di una lancia metallica. Sarà opportuno evitare l'utilizzo di macchinari che non c onsentiranno una bassa pressione d'esercizio, in special modo su superfici particolarmente degradate. I materi ali lapidei sui quali si potrà applicare questo sistema di pulitura dovranno, infatti, presentare uno stato conser vativo relativamente buono, dovranno essere sufficientemente compatti, così da poter resistere all'azione abr asiva. La sabbiatura controllata potrà essere applicata su materiali di natura carbonatica e silicatica e, con l e dovute precauzioni, in tutte quelle circostanze per le quali non sarà consentito ricorrere a tecniche che comp ortino l'impiego di acqua (ad esempio in presenza di murature particolarmente umide); per quanto concerne l e pietre calcaree tenere sarà opportuno procedere con estrema cautela poiché l'intervento potrebbe alterare la natura del materiale, mentre si sconsiglierà la sabbiatura su pietre molto porose visto che l'inerte impiegat o potrebbe ristagnare all'interno del materiale.
Al fine di garantire la riuscita dell'intervento, sarà opportuno effettuare analisi e prove su materiale campion e in modo da calibrare bene i termini dell'operazione così da poter ovviare irreversibili inconvenienti come l'i nsorgenza di scalfitture, abrasioni sulla superficie o distacchi localizzati di materiale. Le prove sul campione di materiale dovranno consentire di bilanciare tutti i fattori che incideranno sull'operazione come: la tipologia e l a quantità del materiale abrasivo da impiegare, la pressione del getto, il tipo di ugello, la distanza che dovr à intercorrere tra ugello e superficie, il rapporto aria-abrasivo ed i tempi di applicazione. La sabbiatura dov rà evitare il coinvolgimento delle parti di materiale sane presenti sotto le incrostazioni. L'inerte scelto dovrà es sere una polvere chimicamente neutra (polveri vegetali o abrasivi minerali) di dimensioni ridotte e preferibilm ente di forma arrotondata, come ad esempio: frammenti minutissimi di noccioli di frutta (albicocca), sabbie di fiume setacciate, ossidi di alluminio, polveri finissime di silicati naturali ecc.. La granulometria potrà variare tr a i valori minimi di 10-25 μm e i valori massimi di 40-60 μm in relazione alla consistenza del materiale e al ti po di sporco da asportare. Al fine di riuscire a non danneggiare la superficie durante le operazioni di sabbia tura sarà opportuno variare la granulometria e tipologia dell'inerte (dimensione, forma e peso specifico) per fasi successive, soprattutto dopo l'asportazione dei depositi più consistenti prima di procedere alla finitura del la superficie. La pressione del getto non dovrà mai superare i 5 bar considerato che con tale forza di impatto sarà possibile asportare depositi di spessore variabile tra 1-2 mm. L'operazione di sabbiatura dovrà comunq ue arrestarsi se durante l'intervento si riscontreranno: parti localizzate di materiali dove i depositi risulteranno particolarmente coesi tra loro, residui di trattamenti antichi e pellicole di ossalato. In ognuno di questi casi la pulitura si limiterà ad alleggerire i depositi e non ad asportarli, visto che una prolungata insistenza potrebbe provocare il distacco del materiale. L'erogazione del getto dovrà avvenire in modo tale che l'operatore sia in grado, per tutta la durata dell'intervento, di orientare la lancia manualmente circoscrivendo così l'operazione alle sole aree interessate; l'operatore dovrà, inoltre, accertarsi che l'erogazione del flusso sia sempre costant e e che l'ugello non si sia usurato. Se la sabbiatura sarà eseguita in presenza di elevati tenori di umidità ambi entale occorrerà tenere sotto stretto controllo l'apparecchiatura visto che i granuli di abrasivo potrebbero co mpattarsi ostruendo l'ugello; per ovviare a tale inconveniente potrebbe risultare utile dotare l'apparecchiatur a di un apposito deumidificatore. La sabbiatura controllata non è adatta per la pulitura di parti delicate e mi nute come modanature, apparati decorativi o cornici per le quali può essere più appropriato procedere con u na microsabbiatura puntuale. Sarà opportuno, pertanto, schermare mediante idonee protezioni (ad esempio f ogli di polietilene) le parti che non dovranno "subire" tale trattamento e prevedere prima di iniziare l'interven to di sabbiatura, la raccolta del materiale abrasivo di risulta.
Avvertenze
Questo tipo di pulitura comporta variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'operator e, della scelta della polvere abrasiva in rapporto alla pressione di uscita e delle condizioni conservative del manufatto. La superficie pulita con sabbiatura si presenterà maggiormente assorbente e "sbiancata".

**9. Pulitura a secco con spugne wishab**

Questo tipo di pulitura potrà essere eseguita su superfici perfettamente asciutte e non friabili, sarà utilizzata per asportare depositi superficiali relativamente coerenti ed aderenti alla superficie d'apparecchi in pietra, s offitti lignei, affreschi, pitture murali, carte da parati ecc. mediante l'utilizzo di particolari spugne costituite da due parti: una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), di colore gi allo, supportata da una base rigida di colore blu. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non sarà particola rmente adatto per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es. croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità. La massa spugnosa è esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presenta un pH neutro e contiene s aktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicam ente. L'intervento di pulitura risulterà estremamente semplice: esercitando una leggera pressione (tale da pro durre granuli di impurità) si strofinerà con la spugna la superficie da trattare (con passate omogenee a pressi one costante) seguendo sempre la stessa direzione, dall'alto verso il basso, partendo dalle aree più chiare pa ssando, successivamente, a quelle più scure; in questo modo lo sporco e la polvere si legheranno alle particell e di spugna che si sbriciolerà con il procedere dell'operazione senza lasciare rigature, aloni o sbavature di s porco (grazie alla continua formazione di granuli si avrà anche l'auto pulitura della spugna). In presenza di s porco superficiale particolarmente ostinato l'intervento potrà essere ripetuto; a pulitura ultimata si procederà con la spazzolatura, mediante scopinetti in saggina o pennelli e spazzole di nylon a setola morbida, in modo da eliminare i residui del materiale spugnoso.

Avvertenze

In caso di pulitura di superfici dipinte, al fine di evitare l'asportazione del pigmento polveroso e disgregato o ppure di quelli più deboli (azzurri, verdi, tinte scure) sarà consigliabile operare, prima della procedura di puli tura, un sistematico intervento di preconsolidamento.

**10. Rimozione macroflora**

Appartengono alla macroflora tutti quegli organismi microscopicamente visibili (muschi, licheni, vegetazione su periore ovvero vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea ecc.) il cui sviluppo, sulle superfici lapidee, è favo rito dalla presenza di dissesti dell'apparecchio come lesioni, cavità, interstizi ecc., all'interno dei quali si può a ccumulare dell'humus (formato da depositi composti da particellato atmosferico e da organismi morti), sul qua le i depositi di spore trasportate dal vento agevolano la riproduzione di muschi e licheni; i licheni creano feno meni di copertura, fratturazione, decoesione e corrosione; i muschi coprono la superficie e, penetrati in profon dità, svolgono un'azione meccanica di disgregazione. La comparsa di muschi e licheni implica la presenza di u n elevato tasso d'umidità e ne incrementa ulteriormente la persistenza agevolando l'accumulo e il ristagno del le acque. Per quanto concerne la vegetazione superiore l'azione distruttiva operata dalle radici radicatesi al l'interno delle discontinuità può comportare dei danni meccanici che portano, in molti casi, alla caduta del mat eriale.

**Generalità**

Prima di procedere con le operazioni diserbanti, in special modo quelle indirizzate alle piante infestanti, è op portuno:

– identificare il tipo di vegetazione (erbacea o arbustiva) e la specie di pianta, così da poter capire quanto profonde e resistenti potranno essere le loro radici;

– prevedere i danni che le operazioni meccaniche di asportazione delle radici e dei semi penetrati in profond ità potrebbero recare alla struttura muraria;

– definire la reale possibilità d'intervento sulle diverse specie presenti e soprattutto accertare se esistono le ci rcostanze per cui poter operare su tutta la superficie invasa.

Nel caso si decida di ricorrere all'utilizzo di biocidi, la scelta dovrà essere fatta in riferimento al compito spec ifico che dovranno assolvere; in base a questo si distingueranno in:

– prodotti indicati per estirpare piante a foglia larga e prodotti per piante a foglia stretta;

– prodotti da assorbimento fogliare e prodotti da assorbimento radicale;

– prodotti circoscritti contro la vegetazione erbacea e prodotti arbusticidi;

– prodotti come erbicidi "di contatto" (agiscono sugli apparati vegetativi delle specie già sviluppate) ed erbi cidi "residuali" (penetrano anche nel terreno garantendo un'azione prolungata nel tempo).

I biocidi impegnati dovranno, inoltre, indipendentemente dal tipo selezionato, presentare le seguenti caratteri stiche:

– essere incolori o trasparenti con principi attivi poco solubili in acqua;

– presentare un basso grado di tossicità;

– essere degradabili nel tempo;

– non provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie;

– non persistere dopo l'applicazione sulla superficie trattata lasciando residui di inerti stabili (per questo si do vranno evitare sostanze oleose o colorate).
Indipendentemente dal tipo di prodotto chimico selezionato l'applicazione potrà avvenire per:
– irrorazione sulla vegetazione, previa diluizione (normalmente 0,1-1%) del biocida in acqua. Si può applicar e sia su piante erbacee sia su arboree; l'irrorazione avverrà utilizzando annaffiatoi dotati di pompe manuali (da evitare pompe a pressione) o più specifici nebulizzatori;
– iniezioni di soluzioni acquose di biocidi (diluizione 1:10) direttamente nei canali conduttori della pianta; tecn ica che si attua previo taglio della pianta all'altezza del colletto radicale, particolarmente adatta per piante lignificate di una certa consistenza. L'iniezione eviterà la dispersione della soluzione al di fuori dell'area del t rattamento evitando in questo modo possibili fenomeni d'interferenza con il materiale lapideo;
– impacchi applicati al colletto della radice appena tagliato, particolarmente indicati contro le piante lignific ate e realizzati con argille impregnate di biocida.
L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relative all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.
Specifiche sui materiali
Erbicidi
Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prod otti che intervengano sulla fotosintesi; tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppression e di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non div ersamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.
Solfato di ammonio è impiegato per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo svil uppo.
Fluometuron da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.
Simazina prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione super iore, licheni e muschi, presenta una azione preventiva che copre circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente i n area archeologica.
Picloram erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impie gato con estrema cautela e solo dietro specifica indicazioni della DL e degli organi di tutela del bene oggett o di trattamento.
Gliyfosato diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose a l 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, co mposti residui.

**10.1. Diserbo da piante superiori**
Lo scopo della pulitura sarà di asportare, dai materiali lapidei, vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea. L'asportazione dovrà essere preferibilmente eseguita nel periodo invernale e potrà essere fatta sia meccanic amente, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni (seghe elettriche, segh e manuali, forbici, asce, accette ecc.), sia ricorrendo all'uso di disinfestanti liquidi selezionati seguendo le indic azioni riportate nell'articolo sulle generalità. Le due operazioni potranno coesistere nei casi in cui l'asportazio ne meccanica non risulterà risolutiva. Si potrà ricorrere all'uso dei biocidi quando l'asportazione diretta delle piante (vive e con radice profonde) risulterà eccessivamente lesiva per il substrato e in situazioni d'abbandon o prolungato dove le piante crescono, solitamente, rigogliose.
L'uso dei biocidi non dovrà essere fatto nei periodi di pioggia, di forte vento o eccessivo surriscaldamento del le superfici allo scopo di evitare la dispersione o l'asportazione stessa del prodotto. Tra i biocidi indicati per estirpare organismi macrovegetali ci sono anche i composti neutri della triazina, a bassa solubilità in acqua, e i derivati dell'urea che, presentando una scarsissima mobilità nel terreno, consentono di ridurre i pericoli d'inq uinamento delle aree limitrofe circoscrivendo l'intervento alle sole zone interessate: la clorotriazina (per assor bimento radicale) risulterà efficace per applicazioni al suolo, su piante a foglia larga e a foglia stretta, la m etossitriazina potrà essere utilizzata anche sulle murature.
La verifica dell'efficacia dei biocidi, indispensabile per procedere all'estirpazione della radice, avverrà dop o 30-60 giorni dalla loro applicazione. L'applicazione del prodotto sulla vegetazione potrà essere realizzata seguendo le metodologie (irrorazione, iniezione ed impacco) che la DL riterrà più consone al caso specifico. L' operazione terminerà con un accurato lavaggio delle superfici con acqua pulita a pressione moderata, così d a garantire l'eliminazione di ogni traccia residua di biocida.

**10.2. Disinfestazione da muschi e licheni**
Muschi e licheni crescono su substrati argillosi depositatisi sulle pietre e su queste si manifestano tramite delle escrescenze più o meno aderenti e spesse; la loro asportazione potrà essere, sia meccanica (che difficilmente

risulterà completamente risolutiva) mediante l'ausilio di spazzole rigide, bisturi, spatole ecc. facendo attenzion e a non intaccare la superficie, sia con biocidi. Se i licheni risulteranno molto spessi e tenaci la rimozione mecc anica sarà preceduta dall'applicazione sulla superficie di una soluzione di ammoniaca diluita in acqua al 5% al fine di ammorbidire la patologia e facilitarne l'asportazione. L'uso dei biocidi potrà essere in alternativa o in correlazione alla rimozione meccanica, utilizzandoli sia nello specifico della patologia da rimuovere sia a v asto raggio d'azione; l'applicazione potrà essere fatta a spruzzo, a pennello o ad impacco in relazione alle c aratteristiche del prodotto prescelto. Un'efficace risoluzione per l'asportazione di muschi e licheni prevederà l' utilizzo di biocidi ad azione immediata quali: acqua ossigenata 120 volumi (l'operazione dovrà essere ripetut a a distanza di 24 ore fino alla totale "bruciatura" degli organismi vegetali), formaldeide in soluzione acquos a 0,1-1% ed ossido di etilene (ETO) al 10% in miscela gassosa di aria ed anidride carbonica; trascorso un te mpo variabile tra i 5-15 giorni dall'ultimo trattamento biocida si procederà all'asportazione delle patine biol ogiche e depositi humiferi (i quali si manifesteranno fragili, ingialliti, secchi e/o polverulenti) mediante spazzol atura con spazzole di saggina. Inoltre, nello specifico, possiamo ricorrere a biocidi come i lichenicidi, che comp rendono i sali di ammonio quaternario e gli enzimi proteolitici; questi biocidi sono solubili in acqua e si applic ano in soluzioni acquose debolmente concentrate (1-3%). Dopo l'applicazione del biocida, si dovrà eseguire u n ripetuto lavaggio della superficie con acqua pulita e, con l'eventuale utilizzo d'idropulitrice (regolando la pr essione in relazione alla consistenza del supporto) così da garantire la rimozione completa del prodotto. L'uso del biocida dovrà implicare tutte le precauzioni illustrate sia nell'articolo sulle generalità sia in quello inerente il diserbo da piante superiori.

**11 Rimozione microflora**

La microflora è costituita da batteri, funghi, alghe e cianobatteri; il loro sviluppo è favorito da condizioni al c ontorno caratterizzate da elevata umidità relativa e/o dalla presenza di acqua ristagnante all'interno del m ateriale lapideo condizioni aggravate, in molti casi, anche da una limitata circolazione d'aria. Questi microrg anismi possono indurre sulla superficie un degrado di natura meccanica e/o chimica; i funghi possono, infatti, r ivelarsi nocivi penetrando, con le appendici filiformi, all'interno delle fessure presenti nel manufatto, sollecitan do meccanicamente la struttura, incrementando la decoesione del materiale; le alghe, invece, provocano sulla superficie un'azione meccanica corrosiva agevolando l'impianto d'ulteriori micro e macrorganismi. La loro pres enza sulle superfici lapidee si manifesta tramite macchie, efflorescenze di sali solubili e patine di ossalati, pat ologie che, inevitabilmente, ne alterano l'aspetto estetico. È opportuno ricordare che, l'asportazione della micr oflora non potrà essere considerata definitiva se, preventivamente, non sono state eliminate le cause al contor no che ne favoriscono la crescita.

**Generalità**

Le sostanze biocide utilizzate per la rimozione della microflora dovranno rispondere a delle specifiche esigen ze tra le quali:

– non dovranno risultare tossiche per l'uomo e per gli animali;
– dovranno essere biodegradabili nel tempo;
– non dovranno provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie;
– dopo l'applicazione non dovranno persistere sulla superficie trattata con residui di inerti stabili e per questo si dovranno evitare sostanze oleose o colorate.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relative all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

Specifiche sui materiali

Alghicidi, battericidi, fungicidi

Perossido di idrogeno (acqua ossigenata), utilizzato a 120 volumi risulta adatto per sopprimere alghe e liche ni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; può essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agisce esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non dura nel tempo.

Ipoclorito di sodio (varechina), utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La var echina può essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non è interamente estratta dal mat eriale lapideo ne può determinare l'ingiallimento.

Formalina, soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrora re superfici attaccate da alghe verdi, licheni e batteri.

Orto-fenil-fenolo (OPP) ed i suoi sali sodici (OPPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; l a loro tossicità può ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulta preferibile poiché presenta una minore inter azione con il supporto.

Di-clorofene, prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molto bassa, non presenta interazioni con il support o anche se organico.

Penta-clorofenolo (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose all'1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto può determinare l'anne rimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.
Benzetonio cloruro, derivato dell'ammonio quaternario, da utilizzare in soluzione dall'0,5-4% (ossia 5-40 ml p er litro) in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulta, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lie viti, microflora ed alghe. Può essere aggiunto a tensioattivi non ionici per avere anche un effetto detergente. La sua azione risulta energica ma non protratta nel tempo, in quanto non è in grado di sopprimere le spore; l' eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra ch e su superfici lignee, i materiali trattati devono essere lasciati asciugare naturalmente.

**11.1. Rimozione della patina biologica**
La rimozione della patina biologica potrà essere fatta tramite pulitura manuale (bisturi, spazzole ecc.), mecca nica (microsabbiatura) o mediante l'uso di biocidi. L'efficacia dei sistemi d'asportazione manuale potrà risulta re limitata poiché non risulteranno sempre in grado di rimuovere completamente la patologia così come la sa bbiatura potrà risultare lesiva per il substrato del materiale. Le sostanze biocide utilizzate dovranno essere a pplicate seguendo le indicazioni dettate nello specifico dal prodotto utilizzato e si dovranno relazionare alla natura del materiale lapideo allo scopo di evitare il danneggiamento del substrato e l'alterazione dello stato conservativo, in molti casi, precario. Le sostanze biocide, in relazione al tipo d'organismi che saranno in grado di rimuovere, si distingueranno in battericidi e fungicidi; la loro applicazione potrà essere fatta a pennello, a spruzzo o tramite impacchi. In presenza di materiali molto porosi sarà preferibile applicare il biocida median te impacchi o a pennello che favoriscono la maggior penetrazione del prodotto e ne prolungano l'azione (per il timolo e la formaledeide si può ricorrere anche alla vaporizzazione, poiché si tratta di sostanze attive sotto forma di vapore); o a trattamento a spruzzo (applicato con le dovute precauzioni e protezioni da parte dell' operatore) che sarà particolarmente indicato in presenza di materiali fragili e decoesi. Gli interventi saranno ripetuti per un numero di volte sufficiente a debellare la crescita della patologia. Dopo l'applicazione della s ostanza biocida si procederà all'asportazione manuale della patina; l'operazione verrà ultimata da una serie di lavaggi ripetuti con acqua deionizzata, in modo da eliminare ogni possibile residuo di sostanza sul materia le. In presenza di patine spesse ed aderenti, prima dell'applicazione del biocida, si eseguirà una parziale rim ozione meccanica (mediante l'uso di pennelli dotati di setole rigide) della biomassa.

**Art. 30.2. Operazione di Pulitura materiali lignei**

**Generalità**
Prima di eseguire le operazioni di pulitura sulle superfici lignee, è opportuno attenersi a delle specifiche proc edure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale. Le operazioni preliminari comprendono le seguenti f asi esecutive:
– identificazione dell'essenza lignea;
– identificazione dei depositi incoerenti da dover rimuovere e campagna di saggi al fine di verificare eventu ali tracce di cromie originali;
– eventuale preconsolidamento, se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;
– applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
– analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la s uperficie.
Tutte le operazioni di pulitura dovranno essere sempre eseguite rispettando l'andamento delle venature e non in senso ortogonale o trasversale ad esse.

**1. Pulitura meccanica manuale**
La procedura sarà impiegata qualora sia necessario un lavoro accurato e basato sulla sensibilità operativa di maestranze specializzate, oppure per quelle superfici (ad es. tinte a calce o tempere) difficilmente trattabili c on tecniche tradizionali (sverniciatura tramite decapante neutro). Prima di iniziare l'operazione di pulitura sar à necessario esaminare la superficie lignea con lo scopo di determinare l'eventuale presenza di olio, grasso o altri contaminanti solubili; in tal caso un ciclo di pulitura con solventi opportuni precederà ed eventualmente se guirà quella manuale. Gli strumenti occorrenti per la pulizia manuale saranno costituiti da spazzole metalliche, raschietti, spatole, scalpelli, lana di acciaio e carta abrasiva di varie grane, oppure utensili speciali (tipo sgor bie) sagomati in modo da poter penetrare negli interstizi da pulire; tutti questi strumenti verranno impiegati, alternativamente, in base alle condizioni delle varie superfici. Le spazzole metalliche potranno essere di quals iasi forma e dimensione mentre le loro setole dovranno essere di filo d'acciaio armonico. Le scaglie di vernice

in fase di distacco saranno eliminate attraverso un'adeguata combinazione delle operazioni di raschiatura e s pazzolatura.
A lavoro completato, la superficie dovrà essere spazzolata, spolverata e soffiata con getto d'aria compressa al fine di rimuovere tutti i residui e le parti di materiale distaccato, quindi trattata con leggera carteggiatura con carta abrasiva a secco (grana/cm² 200-250).

**1.1. Levigatura e lamatura manuale**
La levigatura consisterà nell'asportazione manuale meccanica di un sottile strato di materiale (0,2-1 mm) qual ora questo si presentasse seriamente compromesso, mentre con l'operazione di lamatura si opererà una levig atura totale dello strato di vernice o pellicola presente riportando "al vivo" la superficie lignea. Di norma pav imenti o altri rivestimenti lignei potranno sopportare al massimo, nell'arco della loro esistenza, 8-10 lamature integrali ogni 20-25 anni (per i prefiniti i passaggi integrali scendono a tre). Previa esecuzione di tasselli di p rova su modeste porzioni dell'elemento oggetto di intervento, la procedura prevedrà un'operazione di sgross atura eseguita con l'ausilio di carta abrasiva di grana semi-grossa (40-80 grani al centimetroquadrato) atta a rimuovere i depositi incrostati e le eventuali macchie o patine presenti nonché livellerà la superficie in prossi mità di movimenti degli elementi lignei. Eseguiti questi primi passaggi si passerà a quelli operati con grana se mpre più fine (80-120 grana media grossa, 150-200 grana media; oltre i 320 grana fine) così da eliminare gli eventuali segni lasciati dalla sgrossatura iniziale. La carta dovrà essere avvolta su appositi tamponi o in al ternativa su pezzi di legno (per i passaggi con grana fine sarà consigliabile utilizzare legno tenero come ad es. legno di balza) o sughero di dimensioni tali da poter essere correttamente e comodamente impugnati. Qu esta procedura potrà essere eseguita a umido o a secco. Quella ad umido si utilizzerà, generalmente, su vern ici grasse o su lacche sintetiche, presenterà il vantaggio di non produrre polveri ma al termine della procedur a sarà necessario attendere l'asciugatura della superficie, inoltre la carta tenderà ad impastarsi con la vernic e: questo "fenomeno" potrà essere ovviato immergendo ripetutamente la carta in acqua pulita o passandovi del sapone di Marsiglia neutro. La levigatura a secco risulterà un'operazione altrettanto veloce ma presenter à l'inconveniente della polvere, che dovrà, successivamente, essere asportata con l'ausilio di spazzole o scopin i di saggina o, con idonei aspirapolvere. Al termine della procedura sarà consigliabile eseguire un passaggio con straccio o spugna, leggermente umidi al fine di rimuovere ogni residuo di polvere.

**2. Sverniciatura con decapante neutro**
Lo scopo dell'intervento sarà la rimozione, dalla superficie lignea, di vecchie vernici o pellicole protettive deg radate (per le quali non sarà possibile operare un'eventuale ripresa) tramite l'applicazione di un prodotto de capante generalmente costituito da miscele solventi addizionate con ritardanti dell'evaporazione presenti sia sottoforma di gel sia di liquidi. Prima di procedere con questo tipo d'operazione sarà opportuno assicurarsi d el reale stato conservativo del materiale ovvero accertarsi che non siano presenti parti fragili facilmente dann eggiabili o asportabili, inoltre si dovrà provvedere alla rimozione di tutte le parti metalliche, come serrature, borchie e cerniere, al fine di evitarne il danneggiamento da parte del solvente. In riferimento alle prove eseg uite preventivamente su tasselli di materiale campione capaci di definire i tempi e i modi d'applicazione, si pr ocederà con la stesura a pennello, a spazzola o con spatole del prodotto (in ragione di 100 g/m² ca.) sulla s uperficie in uno strato sottile e uniforme allo scopo di riuscire ad ammorbidire la pellicola di rivestimento. Pass ato il tempo d'attesa (che potrà variare da 1 a 20 ore in relazione ai singoli casi poiché dipenderà dallo spe ssore degli strati di pittura presenti, dalla temperatura ambientale e dal tipo di pellicola da rimuovere), quan do la vernice sarà morbida e sollevata dal supporto si rimuoverà ricorrendo all'uso di spatole e/o raschietti a vendo cura di non danneggiare il supporto asportandone parti corticali in fase di decoesione. Nei punti diffici li come intagli, modanature minute o fessurazioni la pittura potrà essere rimossa aiutandosi con spazzolini o p unteruoli. L'intervento potrà e sarà ripetuto se specificamente indicato dalla DL Terminate le operazioni di ras chiatura, al fine di ovviare l'asciugatura dei residui di prodotto rimasti sul materiale, sarà effettuato l'immedi ato lavaggio manuale della parte trattata con spugne di mare e soluzioni detergenti (ad es. soluzione blanda di soda calcinata ovvero soluzione ammoniacale diluita al 2% in acqua) evitando di risciacquare la superficie con l'acqua poiché lesiva per il materiale (rigonfiamento delle fibre). Al termine della pulitura si controllerà lo stato del supporto ligneo accertando l'eventuale rimanenza di residui di sverniciatura.
In alternativa potranno essere utilizzati sverniciatori in pasta la cui procedura operativa sarà molto simile a q uella adottata per quelli in gel: facendo uso di una spatola si applicherà la pasta stesa in strati più o meno so ttili (1,5-3 mm) in ragione del numero di strati di vernice o dello sporco presente; nel caso in cui le condizioni atmosferiche od ambientali dovessero far asciugare troppo velocemente l'impasto sarà conveniente mantener e umida la superficie con l'aiuto di panni bagnati o fogli di polietilene così da ritardare l'evaporazione del so lvente e di conseguenza consentire la corretta reazione. Al termine dell'operazione sarà necessario asportare il prodotto con spatola o pennello a setola dura, dopodiché si potranno eliminare gli ultimi residui con spugna inumidita. L'uso di sverniciatori in pasta richiederà dei tempi di lavorazione più dilatati ma, al contempo, per metterà di asportare contemporaneamente più strati di pellicola pittorica.

**3. Pulitura ad aria calda o a fiamma**

La procedura di sverniciatura con l'utilizzo di aria calda avrà lo scopo di rimuovere dalla superficie vecchi str ati di vernici o colori, residui di scialbature, croste organiche od inorganiche, pellicole protettive ecc.; la differ enza di comportamento al calore tra il legno e le pellicole di vernice faranno sì che queste si stacchino (dando vita a vesciche di rigonfiamento) dal supporto sia grazie alla dilatazione termica subita dal legno e dalle sost ante che costituiscono il rivestimento, sia dalla rapida evaporazione dell'umidità eventualmente presente sotto le superfici da rimuovere. L'operazione, proprio per la sua stessa natura (abbastanza "violenta") dovrà esser e eseguita con molta attenzione al fine di non provocare la combustione del legno.

L'intervento prevedrà l'asportazione del rivestimento mediante il riscaldamento con idonea pistola termica (pr oducente aria calda) da far scorrere sulla superficie da pulire in posizione ortogonale ad una velocità ed ad una distanza variabile in ragione dello stato di conservazione del legno, del tipo di deposito da asportare e dalla facilità o meno con cui i residui di rivestimento si distaccano dalla superficie del manufatto oggetto di tr attamento (ad es. per vecchie verniciature a smalto la distanza media sarà di circa 8-10 cm). Nel momento in cui il rivestimento accennerà a sbollare e a distaccarsi dal supporto si procederà con la raschiatura mediante l'utilizzo di raschietti o spatole a manico lungo; la rimozione di vecchie vernici dovrà essere radicale. La proce dura terminerà, previa spazzolatura della superficie al fine di eliminare tutti i residui non completamente stac cati, con una leggera carteggiatura della superficie mediante carta abrasiva semi grossa a secco (grana/cm$^2$ 80-100-120) montata su tappi di sughero.

In alternativa alla pistola con aria calda si potrà utilizzare una fonte di calore più elevata ricorrendo ad una lancia termica collegata ad una bombola di combustibile (acetilene o gas propano). La procedura operativa sarà simile a quella con la pistola ad aria calda ad eccezione del fatto che, con la fiamma, oltre alla velocità di passaggio sulla superficie, varierà anche l'angolazione (di norma intorno ai 45°); l'asportazione del rivesti mento prevedrà il riscaldamento con la fiamma facendo attenzione a non causare localizzate bruciature dovu te alla troppa insistenza della fonte di calore. Su manufatti d'interesse storico-artistico sarà consigliabile non utilizzare tale tecnica.

## Art. 31 – Aggiunte, integrazioni

**Premessa metodologica**

Le operazioni d'integrazioni comprendono tutta una serie d'interventi che hanno come fine ultimo quello di ripr istinare le mancanze, più o meno consistenti, rintracciabili in un manufatto riconducibili a svariati motivi tra i qu ali: naturale invecchiamento dei materiali, mancata manutenzione, sollecitazioni meccaniche, decoesioni superf iciali, interventi restaurativi antecedenti ecc. Indipendentemente dalle scelte metodologiche adottate, scaturite dai diversi indirizzi culturali, nel progetto di conservazione le mancanze richiedono necessariamente un'azione procedurale a prescindere che l'obiettivo prefisso sia il mantenimento dello stato di fatto o il ripristino finalizz ato a restituire l'efficienza tecnica, che potrà essere denunciato oppure, come accade sovente, poiché mirato alla restituzione della configurazione "originale" nella sua totalità ed interezza, celato. Attribuire alla mancan za un valore storico-stratigrafico, se da un lato può rappresentare un atteggiamento estremamente rispettoso nei riguardi dell'entità materica ed estetica del manufatto, dall'altro limita le operazioni tecniche indirizzate alla conservazione ovvero, al recupero di quei requisiti di integrità strutturale che, venuti a mancare, possono incrementare l'innescarsi dei fenomeni degradanti.

Le operazioni di ripristino dovranno, per questo, essere pianificate puntualmente cercando, dove sarà possibil e, di ponderare sia l'aspetto tecnico che quello conservativo in modo da tenere in debito conto i limiti imposti dalla valenza storica intrinseca nel manufatto e, allo stesso tempo, riuscire a restituire l'efficienza strutturale v enuta meno. Il ripristino di parti mancanti, se da un lato contribuisce a dare durevolezza al manufatto, proteg gendolo ed aiutandolo a conservarsi nel tempo, dall'altro comporta, inevitabilmente, alterazioni e perdite dei segni stratigrafici nascondendoli o cancellandoli con aggiunte che, come spesso avviene, rendono estremament e difficile il recupero di ciò che di originale è rimasto. Questo dato di fatto, dovrebbe essere per il Tecnico m otivo di ponderate riflessioni al fine di riuscire a pianificare un intervento circoscritto a risolvere le varie probl ematiche rilevate durante la fase conoscitiva del manufatto scaturito da riferimenti culturali che lo hanno indiri zzato nelle scelte metodologiche, cosciente che, delle diverse opzioni disponibili, per risolvere un determinato problema, nessuna sarà in grado di ovviare alle problematiche sino ad ora esposte; di ogni soluzione dovran no essere valutati i relativi vantaggi e svantaggi relazionandoli strettamente alle singole esigenze. In un prog etto di restauro inevitabilmente l'interazione con il manufatto e, in special modo se si tratta di operare delle i ntegrazioni, avrà come conseguenza un'alterazione dello stato di fatto originale; gli interventi, anche quelli m eno invasivi, apporteranno delle modifiche più o meno rilevanti all'integrità della struttura che potranno esser e accettate, e in parte giustificate, dalla priorità perseguita di restituire al manufatto la sua efficienza struttur ale cosicché possa protrarre nel tempo il lento consumarsi. Le integrazioni che si mimetizzano con l'esistente, mi rate non solo a dare integrità strutturale ma, soprattutto, a ripristinare un'unità figurativa in riferimento a com e presupposto in origine, se da molti considerato un modo di intervenire che poco tiene conto della dignità sto rica del manufatto, da altri è ritenuto lecito, poiché il progetto è il risultato di ponderate riflessioni supportate

da ricerche e documentazioni puntuali e dettagliate, per cui il risultato finale non deriva dal gesto creativo de l Tecnico ma dal suo bagaglio di conoscenze storiche.
Gli accorgimenti utilizzati, in molti casi, al fine di distinguere la preesistenza dall'aggiunta (ad. es., diversifica re la lavorazione superficiale della parte nuova rispetto all'originale, riprodurre le parti mancanti ricorrendo a materiali compatibili ma diversi, ripristinare le superfici in leggero sottosquadro o soprasquadro, segnalare il nuovo mediante marchi ecc.) se attuati, dovranno essere realizzati con estrema cura e sensibilità da parte d el Tecnico in modo che il risultato finale, pur essendo coerente e rispettoso dello stato di fatto, non sia tale da tradursi in una visione paradossale dove la varietà di integrazioni visivamente rintracciabili fanno perdere la valenza figurativa d'insieme intrinseca del manufatto. Il dilemma di quale sia la risoluzione più consona difficil mente potrà avere una risoluzione chiara, capace di definire un modo di procedere adattabile a tutte le dive rse situazioni, in special modo quando l'intervento non si limita alla manutenzione ma, per impellenti necessità scaturite dal bisogno di salvare ciò che si può rischiare di perdere, diviene di restauro.

***Art. 31.1 – Operazioni di stuccatura, integrazione dei materiali lapidei (aggiunte)***
Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a sec co, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

**Generalità**
Prima di mettere in pratica i protocolli di stuccatura, integrazione ed aggiunte sui materiali lapidei sarà oppo rtuno seguire delle operazioni preliminari indirizzate alla conoscenza del materiale oggetto di intervento (pie tra arenaria, calcarea, travertini, tufi ecc.). L'adesione tra la superficie originale e quella d'apporto sarà in fu nzione della scrupolosa preparazione del supporto, operazione alla quale si dovrà porre molta attenzione d al momento che si rileverà fondamentale per assicurare l'efficacia e la durabilità dell'intervento di "stuccatur a-integrazione". Le modalità con cui si eseguiranno questo tipo di operazioni saranno correlate alle caratteris tiche morfologiche del materiale da integrare (pietra, laterizio, intonaco ecc.) e alla percentuale delle lesioni, oltre che dalla loro profondità ed estensione.

*Verifiche preliminari*
Prima di eseguire qualsiasi operazione sarà necessario procedere alla verifica del quadro fessurativo così da identificare eventuali lesioni "dinamiche" (che potranno essere dovute a svariati motivi tra i quali assestamenti strutturali non ancora terminati, dilatazioni termiche interne al materiale o fra materiali diversi ecc.); in tal cas o non si potrà procedere semplicemente alla stuccatura della fessurazione ma si dovranno identificare e risolv ere le cause a monte che hanno procurato tale dissesto. L'intervento di stuccatura ed integrazione sarà lecito s olo su fessurazioni oramai stabilizzate (lesione statica).

*Asportazione di parti non compatibili*
Si procederà, seguendo le indicazioni della D.L., all'ablazione puntuale tramite scopini (di saggina), spatole, c azzuolini, mazzetta e scalpello di piccole dimensioni, martelline, vibroincisori ecc., di tutte le parti non compati bili con il supporto (legno, ferro, malte erose o gravemente degradate ecc.), ovvero stuccature od integrazioni realizzate con malte troppo crude (cementizie) in grado di creare col tempo stress meccanici. L'operazione do vrà avvenire con la massima cura evitando accuratamente di non intaccare il manufatto originale.

*Pulitura della superficie*
Ciclo di pulitura con acqua deionizzata e successiva spazzolatura (o con altra tecnica indicata negli elaborati di progetto) della superficie da trattare allo scopo di rimuovere sporco, polveri, oli, scorie e qualsiasi altra so stanza estranea al materiale lapideo. Tutte le operazioni di pulitura dovranno tendere a lasciare l'interno del la lesione o del giunto privo di detriti o patine, ma con la superficie scabra, così da favorire un idoneo contatt o con malta da ripristino. Nel caso in cui la superficie, oggetto di intervento, si dovesse presentare con efflore scenze saline od altre patologie derivate dalla presenza di sali si renderà indispensabile procedere alla des alinazione della muratura utilizzando metodi e tecniche dettate dalla D.L. (ad es. impacchi di polpa di cellulos a imbevuti in acqua deionizzata). Lo stesso criterio sarà utilizzato se l'apparecchio murario risultasse affetto d a umidità di risalita capillare od ancora dovesse presentare muschi, licheni o vegetazione superiore infestante prima di qualsiasi intervento d'integrazione si dovrà procedere alla bonifica della muratura.
Per specifiche sulle tecniche di pulitura, desalinazione, bonifica o deumidificazione si rimanda a quanto espost o agli articoli specifici.
Specifiche sulle stuccature
Saranno da evitare le stuccature a base di cementi tradizionali, perché questi potranno cedere ioni alcalini e solfati che potrebbero portare alla formazione di sali solubili dannosi per il materiale lapideo. Inoltre, gli imp asti a base di cemento sono, spesso, meno porosi di molti materiali lapidei, cosicché, se si verificasse un movim ento d'acqua all'interno di una struttura, la sua evaporazione e la conseguente cristallizzazione dei sali prese

nti potrebbe avvenire a carico delle parti più porose e non delle stuccature. Infine, le differenze di dilatazion e termica fra pietra e cemento potrebbero provocare fessurazioni o danni di tipo meccanico (estratto dalla R accomandazione NorMaL n. 20/85).
Avvertenze
Sarà vietato effettuare qualsiasi procedura di stuccatura, integrazione o, più in generale, utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'im pasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzati, le mo dalità ed i tempi di applicazione.

**1. Stuccatura-integrazione di elementi in laterizio**
L'intervento si rivolge agli apparecchi "faccia vista" in laterizio e avrà come obiettivo quello di mettere in sicu rezza i frammenti in cui si sono suddivisi i laterizi, integrare le eventuali lacune (dovute alla disgregazione, er osione, alveolizzazione del materiale) e, allo stesso tempo, difendere l'apparecchio dagli agenti atmosferici. Sarà un'operazione, sia di consolidamento che di protezione, che dovrà essere, necessariamente, estesa anch e alle più piccole lesioni e fratture del mattone, affinché la superficie non abbia soluzioni di continuità e possa, così, opporre alla pioggia ed agli agenti aggressivi ed inquinanti, un corpo solido e compatto.
Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) ed abbondante bagnatura con acqua deionizzata della superficie oggetto d'intervento, si ef fettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riemp ire, al fine di evitare spaccature e lesioni durante la stagionatura e successivi rischi di distacco. L'impasto dell a malta sarà effettuato seguendo le indicazioni di progetto; in assenza di queste si potrà utilizzare uno stucco a base di grassello di calce (10 parti) caricato con tre parti di polvere di cocciopesto (30 parti); in alternativ a il cocciopesto potrà essere sostituito per metà, o del tutto, con pozzolana (rapporto legante-inerte 1:3); que sto impasto potrà, eventualmente, essere "aiutato" con una parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acq ua con funzione di fluidificante (quantità inferiore al 2%). La stuccatura sarà effettuata utilizzando cazzuolini, cucchiarotto o piccole spatole tipo quelle a foglia d'olivo evitando con cura di intaccare le superfici non intere ssate (sia con la malta, sia con gli attrezzi); a tal fine potrà essere conveniente schermare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta, o altro sistema idoneo. Con la spatola si dovrà dare forma alla porzione mancant e del mattone costipando il materiale al fine di eliminare sia l'acqua in eccesso, sia di migliorare la compatte zza e l'aderenza alla parte sana del laterizio oggetto di intervento.
Dovranno essere effettuate miscele di prova, delle quali si trascriveranno le proporzioni e si prepareranno de i piccoli campioni di malta, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Nel realizzare i provini delle malte bisognerà tener conto di eseguirli molto tempo prima per confrontare i co lori dopo la presa e la naturale stagionatura.
In presenza di lievi fessure ovvero sacche intergranulari nel mattone, si potrà ricorrere ad applicare a pennell o o mediante iniezioni una boiacca (miscelata con l'ausilio di frusta da zabaione) simile a quella descritta pre cedentemente, ma con un rapporto legante-inerte di 1:1 (1000 parti di acqua; 100 parti calce idraulica natu rale NHL 2; 100 parti cocciopesto o pozzolana; 10 parti di resina acrilica in emulsione; 1 parte di gluconato di sodio); le cariche saranno superventilate (granulazioni inferiori ai 60 $\mu$m). Al fine di favorire l'efficacia de ll'assorbimento, in special modo per le iniezioni, si renderà necessario un pre-trattamento della cavità con acq ua ed alcool denaturato con l'eventuale aggiunta di dispersione acrilica al 10%.
*Specifiche sul grassello:* Si dovrà cercare di evitare la consuetudine di realizzare grassello semplicemente agg iungendo un'adeguata quantità d'acqua (circa il 20%) alla calce idrata. Così facendo si otterrà un grassello i n appena 24 ore ma sarà un prodotto scadente; pertanto, risulterà opportuno utilizzare grassello di calce sp enta da almeno dodici mesi al fine di diminuire la possibilità che restino grumi di calce non spenta nella malta.
*Eventuale inserimento di armatura:* Nel caso in cui si dovesse operare in cospetto di parti mancanti consistenti si renderà necessario "armare" la stuccature con rete metallica elettrosaldata a doppia zincatura a maglia stret ta (per es., filo $\varnothing$ 2 mm, maglia 10x10 mm) e/o con perni filettati di acciaio inossidabile (ad es. 2-3 $\varnothing$ 4 m m), preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (314L o 316L), che presenterà anche buone doti di piegabilità, opportunamente sagomati allo scopo di migliorare l'aderenza al supporto della malta da ripri stino. Si eseguiranno i fori per l'inserimento dei perni con trapano a sola rotazione a bassa velocità dopodich é, previa aspirazione degli eventuali detriti con pera di gomma ed iniezione di acqua deionizzata ed alcool, (rapporto 5:1 in volume) si inserirà il perno. In questa operazione si dovrà ricorrere ad ogni accortezza al fin e di evitare danni o rotture ai manufatti.
I perni dovranno essere annegati in particolari malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e pozzolana superventilata, rapporto 1:2, con l'eventuale aggiunta di gluconato di sodio (per migliorare la fluidità) ed, ev entualmente, di cemento bianco (per aumentare le proprietà meccaniche). In alternativa si potranno utilizzare collanti a base di resine epossidiche a bassa viscosità, esenti da solventi, polimerizzabili a temperatura ambie

nte ed in presenza di umidità. In ogni caso si utilizzerà un impasto di adeguata tissotropicità o fluidità in relaz ione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire.
*Specifiche sui perni:* Dovrà essere evitato l'uso di metalli facilmente ossidabili come il ferro, il rame e le sue le ghe, mentre potranno essere utilizzati con tutta tranquillità perni in titanio o in acciaio inossidabile o, se l'integ razione interessa parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. Il perno do vrà possedere buona stabilità chimica e coefficiente di dilatazione termica lineare il più possibile vicino a que llo dei materiali da ripristinare.
*Trattamento finale:* A presa avvenuta la superficie stuccata dovrà essere trattata con spugna inumidita (esercit ando una leggera pressione) con il risultato di arrotondare gli spigoli, compattare lo stucco e, nello stesso tem po, rendere scabra la superficie rendendola simile ai mattoni limitrofi. Allo scopo di rendere l'integrazione no n troppo discordante dagli elementi originali, si può trattare la superficie con una patinatura di polvere di po zzolana (per maggiori dettagli si rimanda alla procedura specifica).

**2. Stuccatura di elementi lapidei**
Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le lacune e le discontinuità (parziale mancanza di giunti di mal ta, fratturazione del concio di pietra ecc.) presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) co sì da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, nonc hé infiltrazioni di acqua) un'adeguata resistenza.
Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavag gio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati sep arati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire: per le parti più arretrate sarà consigliabile utilizzare una malta a base di calce idraulica naturale NHL 2 a basso contenuto di sali composta seguendo le indicazioni di progetto e la tipologia di lapideo (ad es. si utilizzeranno, preferibilmente, delle cariche pozzol aniche su materiali di natura vulcanica e degli inerti calcarei se si opererà su pietre calcaree); in assenza di q ueste si potrà utilizzare, un impasto caricato con una parte di sabbia silicea lavata (granulometria costituita d a granuli del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%) ed una parte di cocciopesto; in alternativa al cocciopesto si potrà utilizzare pozzolana v entilata (rapporto legante-inerte 1:3). La stuccatura si eseguirà utilizzando piccole spatole a foglia o cazzuoli ni, evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con gli attrezzi); si potranno, eventualmente, mascherare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta. Nel caso occorra preparare una malta particolarmente resistente a compressione si potrà ricorrere all'utilizzo di piccole quantità di cemento bi anco esente da gesso e sali solubili; le eventuali quantità dovranno essere limitate in quanto il cemento bianco presenta notevoli ritiri in fase di presa (un sovradosaggio porterebbe a delle malte di eccessiva durezza, ritir o e scarsa permeabilità al vapore acqueo).
La stuccatura di superficie sarà eseguita con grassello di calce (sarà necessario utilizzare grassello ben stagio nato, minimo 12 mesi; se non si avrà certezza sulla stagionatura si potrà aggiungere un minimo quantitativo di resina acrilica in emulsione); la carica dell'impasto sarà di pietra macinata (meglio se triturata a mano così da avere una granulometria simile a quella del materiale originale); verrà, preferibilmente, utilizzata la polvere della pietra stessa o, in mancanza di questa, un materiale lapideo di tipologia uguale a quella del manufatto in questione in modo da ottenere un impasto simile per colore e luminosità; potranno essere utilizzate anche p olveri di cocciopesto, sabbie silicee ventilate, pozzolana, o carbonato di calcio: rapporto tra legante-inerte di 1:3 (per es. 1 parte grassello di calce; 1 parte pietra macinata; 2 parti di polvere di marmo fine). Sarà consi gliabile tenere l'impasto dello stucco piuttosto asciutto in modo da favorire la pulitura dei lembi della fessura.
In alternativa si potranno effettuare stuccature di superficie invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da ela stomeri florurati e polvere della stessa pietra o altra carica con caratteristiche e granulometria simile (per ma ggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distacc ati).
*Specifiche sulla stuccatura:* La scelta di operare la stuccatura a livello o in leggero sotto-quadro nella misura d i qualche millimetro (così da consentirne la distinguibilità), dovrà rispondere principalmente a criteri conservati vi; sovente, infatti, le integrazioni sottolivello creano percorsi preferenziali per le acque battenti innescando p ericolosi processi di degrado. Gli impasti dovranno essere concepiti per esplicare in opera valori di resistenza meccanica e modulo elastico inferiori a quelli del supporto, pur rimanendo con ordini di grandezza non eccess ivamente lontani da quelli del litotipo.
*Additivi organici:* Le malte utilizzate potranno essere caricate, se le disposizioni di progetto lo prevedono, con additivi organici (in quantità inferiore al 2-5%), quali: resine acriliche in emulsione al 10% in acqua con funzio ne di fluidificante, o, nel caso d'utilizzo con calce aerea, di colloide protettore che tende a trattenere l'acqua, così da non far "bruciare" prematuramente la pasta da stucco. Qualora, invece, venga richiesta alla malta un a forte adesività strutturale (ad es. per stuccature profonde non esposte ai raggi UV) ed un'alta resistenza m eccanica sarà più opportuno impiegare resine termoindurenti come quelle epossidiche. In ogni caso, salvo dive rse disposizioni della D.L., il rapporto legante-additivo sarà generalmente 10:1.

*Colore stuccatura:* Al fine di rendere possibile un'adeguata lettura cromatica si potrà "aiutare" il colore dell'i mpasto additivandolo con terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali o 10% di terre). Il colo re della pietra si raggiungerà amalgamando, a secco, le cariche fino ad ottenere il tono esatto ma più scuro per bilanciare il successivo schiarimento che si produrrà aggiungendo la calce. Effettuate le miscele di prova s i dovranno, necessariamente, trascrivere le proporzioni e preparare dei piccoli campioni di malta su mattone o lastra di pietra, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Per tutt e quelle stuccature che interesseranno porzioni di muro vaste potrà essere preferibile ottenere una risoluzione cromatica in leggera difformità con la pietra originale.
*Trattamento finale:* A presa avvenuta, al fine di ottenere una stuccatura opaca, la superficie interessata verrà lavata e/o tamponata (esercitando una leggera pressione) con spugna inumidita di acqua deionizzata, così d a compattare lo stucco, far emergere la cromia della punteggiatura ed eliminare eventuali residui di malta.

**3. Risarcimento-stilatura giunti di malta**
L'intervento prevedrà l'integrazione delle porzioni di malta mancanti e sarà eseguito mediante impasti a bas e di calce con i requisiti di resistenza simili a quelli del materiale originale e con caratteristiche fisiche (tessitur a, grana, colore ecc.) simili o discordanti in relazione alle disposizioni di progetto. Lo scopo della rabboccatur a sarà quello di preservare le cortine murarie da possibili fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura, al fine di evitare infiltrazioni od attacchi di vegetazione infestante, accrescendone le proprietà statiche. L'operazione di stillatura dovrà essere evitata (previa rimozione) su manufatti saturi di sali, in partico lare in presenza di estese efflorescenze saline, ovvero di muffe, polveri o parti non solidali che potrebbero im pedire la solidificazione della malta tra gli elementi.
Previa esecuzione delle verifiche e delle operazioni preliminari (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) la procedura prevedrà l'abbondante bagnatura con acqua pulita (specialmente se il substrat o è particolarmente poroso) del giunto, così da garantire alla malta originale ed alle superfici limitrofe l'utile saturazione, basilare per evitare che si verifichi l'assorbimento del liquido dalla nuova malta compromettendo ne la presa. Una volta inumidito il giunto si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati successivi secondo la profondità e la lunghezza della lacuna da riempire. Per l'impasto, seguendo le disposizioni di progetto, si pot ranno utilizzare appositi formulati costituiti da calce idraulica, grassello di calce, sabbie od altri aggregati mi nerali di granulometria nota; per le parti più arretrate sarà opportuno utilizzare un impasto a base di calce i draulica naturale NHL 3,5 (ottenuta per calcinazione a bassa temperatura, esente da sali solubili, con un'ottim a permeabilità al vapore) e sabbia di fiume vagliata (granulometria 0,5-1,5 mm). In alternativa alla sabbia si potranno utilizzare altre cariche quali pozzolana o cocciopesto (coccio macinato disidratato ricavato dalla f rantumazione d'argilla cotta a basse temperature); in ogni caso il rapporto legante inerte sarà sempre di 1:2 Questo strato di "fondo" si effettuerà utilizzando cazzuolino, cucchiarotto o una piccola spatola metallica face ndo attenzione a non "sporcare" le superfici non interessate. A questo scopo sarà conveniente proteggere, pr eventivamente, con idonea pellicola protettiva (ad es. nastro di carta adesivo) o con teli di nylon, sia le superf ici lapidee o laterizie dei conci che delimitano il giunto d'allettamento, sia gli eventuali serramenti od elementi ornamentali prossimi alla zona d'intervento. Per la stilatura di finitura si potrà utilizzare un impasto a base di grassello di calce; la carica dell'impasto potrà essere di pietra macinata, sabbia di fiume fine (granulometria 0,5-0,8 mm) o, in caso di apparecchio in laterizi, polvere di cotto macinato: rapporto tra legante-inerte di 1:3. La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campione, e dalla risoluzion e cromatica che si vorrà ottenere in sintonia o in difformità con le malte esistenti.
Dopo un periodo di tempo sufficiente a consentire un primo indurimento dell'impasto si provvederà a "stringer e" la malta mediante una leggera pressione della mano o della punta della cazzuola, così da compattarla e renderla più solida. Questa operazione andrà ripetuta dopo circa 5-6 ore d'estate e dopo 24 ore d'inverno nell'arco di mezza giornata fino a che il giunto apparirà coeso e senza cretti.
Se gli elaborati di progetto richiedederanno un giunto con finitura scabra si potrà intervenire sulla malta dell a stillatura (appena questa abbia "tirato" ma sia ancora modellabile) "segnandola" con spazzola di saggina o tamponandola con tela di Juta ruvida. Si ricorda che la spazzola non dovrà essere strofinata sulla superfici e, ma battuta leggermente, altrimenti si rischierà di danneggiare la rabboccatura. Saranno da evitare spazz ole di ferro in quanto si potrebbero danneggiare il giunto ed i supporti limitrofi.
*Specifiche:* A seconda delle disposizioni di progetto l'operazione di integrazione-risarcitura potrà essere più o meno connotata; si potrà, infatti, eseguire una stillatura dei giunti seguendo il filo esistente oppure eseguirla i n leggero sottofilo od, ancora, sfruttando la granulometria ed il colore degli inerti si potrà ottenere un risultat o mimetico o di evidente contrasto tra la vecchia e la nuova malta.
Nel caso in cui il progetto preveda una risarcitura "mimetica" si dovrà porre particolare attenzione nell'indivi duazione della composizione e colorazione specifica della malta che dovrà accordarsi, mediante la cromia d ell'impasto e la granulometria degli aggregati, una volta applicata ed essiccata, alla granulometria delle ma lte di supporto, considerando le diverse gradazioni cromatiche e caratteristiche tessiturali presenti nell'appare cchio murario dovute al diverso orientamento, esposizione agli agenti atmosferici ed alla presenza di materia li diversi.

*Trattamento finale:* L'operazione di stuccatura si completa con spugna ed acqua deionizzata per eliminare i se gni della spazzola, far risaltare le dimensioni e la cromia dell'aggregato e per togliere le eventuali cariche d istaccate che potrebbero conferire al giunto asciutto un aspetto polverulento.

**4. Stuccatura salvabordo lacune di intonaco (bordatura)**

In presenza di lacune d'intonaco, nei casi in cui le indicazioni di progetto non prevedano il ripristino del materi ale, l'intervento dovrà essere indirizzato alla protezione dei bordi della lacuna mediante una stuccatura che avrà la funzione di ristabilire l'adesione tra lo strato di intonaco e la muratura così da evitare, lungo il perime tro della mancanza, dannose infiltrazioni di acqua meteorica o particellato atmosferico che potrebbero aggr avare, nonché aumentare, la dimensione della lacuna nel tempo. L'operazione di stuccatura salvabordo, in pa rticolar modo se realizzata su pareti esterne, dovrà essere eseguita con la massima cura; questo tipo di prote zione proprio per la sua configurazione di raccordo tra due superfici non complanari costituirà un punto partic olarmente soggetto all'aggressione degli agenti atmosferici (pioggia battente). Le malte adatte per eseguire tale operazione dovranno essere simili ai preparati impiegati per la riadesione degli intonaci distaccati (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo specifico sulla riadesione degli intonaci al supporto), in ogni caso, oltr e ad evitare l'utilizzo d'impasti con grane e leganti diversi da quelli presenti nell'intonaco rimasto sulla superfi cie non si dovrà ricorrere né all'uso di malte di sola calce aerea e sabbia (poco resistenti alle sollecitazioni m eccaniche), né a malte cementizie (troppo dure e poco confacenti all'uso). Le bordature dovranno essere reali zzate con malte compatibili con il supporto, traspirabili (coefficiente di permeabilità $\mu < 12$) e con buone car atteristiche meccaniche; a tale riguardo si potrà utilizzare un impasto composto da 1 parte di grassello di cal ce e 0,5 parti di calce idraulica naturale NHL 2 esente da sali solubili; la parte di calce idraulica potrà esser e sostituita anche con del cemento bianco. Gli impasti potranno essere caricati con metacaolino o con sabbia s ilicea vagliata e lavata a granulometria fine (diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 40%, di 0,50-1,00 mm per un 60%). La malta dovrà essere facilmente spalmabile in modo da poter definire con precisione l'unione dei lembi, a tale riguardo, per facilitare l'operazione, sarà opportuno ricorrere all'uso di strumenti da stuccat ore come, ad esempio, spatolini metallici a foglia di olivo. Prima dell'applicazione della stuccatura la muratur a interessata dall'intervento dovrà essere adeguatamente preparata, ovvero dovrà essere pulita, si dovrann o rimuovere eventuali sali solubili e fissare i conci sconnessi. In presenza di macchie di umidità, prima di applic are il salvabordo dovrà essere eliminata la causa ed atteso che la parete sia ben asciutta.

**5. Trattamento lacune di intonaco**

Il distacco d'intere porzioni (o di più strati tecnici) d'intonaco dalle superfici parietali implicherà delle evidenti discontinuità sull'apparecchio murario e l'inevitabile messa a nudo di parti di muratura che, in questo modo, si troveranno esposte all'aggressione degli agenti atmosferici; l'acqua, infatti, potrà penetrare facilmente all'int erno della struttura veicolando agenti inquinanti che favoriranno l'insorgenza di degradi in superficie ed in pr ofondità. Al fine di ovviare a quest'inconveniente, si potrà intervenire proteggendo le porzioni scoperte del m uro, ripristinando la parte d'intonaco mancante.

**5.1. Rappezzo di intonaco**

Previa un'attenta valutazione del reale stato conservativo del supporto, il rappezzo d'intonaco dovrà relazion arsi sia all'intonaco ancora presente sulla superficie sia alla natura della muratura garantendo, per entrambi, un'efficace adesione, l'affinità fisico/chimica e meccanica. Il rappezzo dovrà essere realizzato con un intonac o compatibile con il supporto e similare a quello esistente per spessore (numero di strati), composizione e tras pirabilità; i coefficienti di dilatazione termica e di resistenza meccanica dovranno essere similari a quelli dei materiali esistenti così da poter garantire lo stesso comportamento alle diverse sollecitazioni (pioggia battent e, vapore, umidità ecc.). La formulazione della malta per realizzare il nuovo intonaco dovrà presentare le car atteristiche tecnologiche dell'intonaco rimasto sulla superficie ovvero, dall'analisi della rimanenza si dovranno dedurre le varie stratificazioni, i diversi componenti e in che modo siano stati combinati tra loro: rapporto agg regato-legante, granulometria inerte e il tipo di legante. Prima di procedere con il rappezzo la superficie do vrà essere preparata; la muratura interessata dall'intervento dovrà essere sufficientemente asciutta (esente d a fenomeni d'umidità), scabra (mediante picchiettatura, bocciardatura ecc.) e pulita (priva di sali e/o patine; al riguardo si rimanda agli articoli specifici inerenti le puliture) in modo da consentire la totale aderenza dell a nuova malta al supporto, dopodiché si eseguirà l'inumidimento della muratura tramite pennello imbevuto d' acqua, o mediante l'uso di un semplice nebulizzatore manuale (contrariamente una parete asciutta potrebbe assorbire esageratamente l'acqua presente nell'impasto provocando un eccessivo ritiro della malta). Al fine di garantire la corretta realizzazione dell'impasto dovranno essere presi degli accorgimenti sul modo di dosare e amalgamare i diversi componenti.

La preparazione della malta, se avverrà in cantiere, dovrà essere fatta in contenitori puliti privi di residui di s ostanze che potrebbero alterare la natura dell'impasto, facendo cura di dosare sapientemente la quantità d' acqua (sarà consigliabile iniziare l'impasto con circa 2/3 della quantità d'acqua necessaria aggiungendo, dur ante le fasi di lavorazione, la parte rimanente) onde evitare la formazione di impasti o troppo fluidi o poco l

avorabili; lo scopo dovrà essere quello di ottenere una consistenza tale da garantire la capacità di adesione fino all'avvenuta presa sul supporto (la malta dovrà scivolare dalla cazzuola senza lasciare traccia di calce s ulla lama); il dosaggio degli ingredienti dovrà essere fatto con estrema cura e precisione evitando, dove è p ossibile, metodi di misurazione troppo approssimativi (pala o badile) in modo da riuscire ad ottenere formulat i aventi le caratteristiche indicate e richieste da progetto; la quantificazione in cantiere potrà avvenire prend endo come riferimento un'unità di volume identificata in un contenitore facilmente reperibile in sito (secchi e/o carriole). Il secchio da murature corrisponde a circa 12 l (0,012 $m^3$) mentre una carriola avrà una capacità di circa 60 l, circa cinque secchi, (0,060 $m^3$). L'impasto potrà essere eseguito a mano lavorando i componenti su di un tavolato (non sul terreno), o ricorrendo ad attrezzature meccaniche quali piccole betoniere o impastatrici. Compiuta la pulitura, e se necessario il consolidamento, dei margini del vecchio intonaco si procederà all'appl icazione sulla parete del rappezzo seguendo i diversi strati indicati da progetto; previa bagnatura del muro, verrà applicato il rinzaffo (in malta morbida con aggregati a grana grossa 1,5-5 mm) in modo tale da penet rare bene negli interstizi dell'apparecchio a presa avvenuta, previa bagnatura della superficie, si procederà alla stesura dell'arriccio, tramite cazzuola, in strati successivi (1-1,5 cm) fino a raggiungere lo spessore indicat o da progetto utilizzando una malta composta da aggregati medi (0,5-1,5 mm); l'ultimo strato di arriccio verr à pareggiato e frattazzato. La finitura, verrà applicata con frattazzo in strati sottili lisciati con frattazzini di s pugna, leggermente imbevuti di acqua. In presenza di spessori considerevoli (tra i 6-8 cm) sarà consigliabile r ealizzare una rincocciatura (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo specifico) della cavità con malta idr aulica (calce idraulica naturale NHL 3,5 e scaglie di laterizio rapporto legante-inerte 1:3). Particolare attenzi one dovrà essere fatta nella messa in opera in prossimità delle zone d'unione tra le due superfici, poiché la lo ro corretta esecuzione potrà evitare l'insorgenza di punti di discontinuità, a tale riguardo sarà consigliabile rif inire i lembi con spatolini da stuccatore in modo da garantire una maggiore precisione nella rifinitura. L'applic azione del nuovo intonaco dovrà essere fatta con i valori della temperatura esterna tra i 5 °C e i 30 °C; la m alta dovrà essere accuratamente compressa all'interno della lacuna al fine di ottenere delle buone caratterist iche meccaniche, inoltre tra la posa dei vari strati dovranno intercorrere dei tempi d'attesa (relazionati alle di verse tipologie di malte) durante i quali le superfici dovranno essere bagnate. La presenza del rappezzo sull a superficie muraria se specificato dagli elaborati di progetto potrà non mimetizzarsi con la preesistenza così da tutelare le diverse stratificazioni storiche; a tale riguardo i rappezzi esterni potranno essere rilevabili dive rsificando la lavorazione dello strato di finitura (ad esempio passando una spazzola di saggina a presa inizi ata quando è ancora lavorabile), utilizzando granulometria di inerti leggermente differenti o dipingendolo co n una tonalità di colore più chiara o più scura (a discrezione del progettista) mentre, per quanto riguarda i ra ppezzi interni (meno soggetti all'azione degradante), oltre alle soluzioni sopra citate, si potrà decidere di arr etrare lo spessore del rappezzo di pochi millimetri rispetto allo spessore del vecchio intonaco.

*Specifiche:* Nel caso in cui il rappezzo presentasse un'ampiezza considerevole, sarà opportuno predisporre, so pra il primo strato di rinzaffo, delle idonee guide al fine di controllare lo spessore e la planarità dell'intonac o. Tali guide potranno essere messe in opera come segue: si fisseranno alla parete dei piccoli conci di laterizi o (allineati verticalmente distanziati di circa 50-100 cm) utilizzando la stessa malta dell'intonaco per uno spes sore corrispondente a quello definitivo indicato da progetto, tra i conci verticali verrà eseguita una striscia di malta (la stessa realizzata per l'intonaco), tirata a piombo. È buona norma, al fine di consentire la corretta la vorazione della superficie, che l'interasse delle guide sia 40-50 cm inferiore rispetto alla lunghezza della sta ggia disponibile in cantiere. Le fasce così realizzate costituiranno il dispositivo di controllo dello spessore dell'i ntonaco.

Al fine di ridurre il rischio di cavillature sarà conveniente seguire delle accortezze: non utilizzare malta con el evato dosaggio di legante (malta grassa) che dovrebbe, in ogni caso essere decrescente dallo strato di rinza ffo a quello di finitura, così come dovrebbe essere la resistenza a compressione; applicare la malta per strati successivi sempre più sottili con aggregati a granulometria più minuta partendo dagli strati più profondi fino ad arrivare a quelli più superficiali.

*Rappezzo di intonaco di calce (aerea e idraulica):* La malta di calce aerea, largamente utilizzata in passato pe r intonacare le pareti esterne, si componeva principalmente di calce spenta, sabbia e terre colorate; il legant e era lo stesso per i diversi strati, ciò che variava era la quantità e la dimensione degli inerti (più grandi per gli strati interni più piccoli per quelli esterni). Il rappezzo d'intonaco con questo tipo di malta dovrà essere ese guito con particolare cura tenendo conto dei fattori vincolanti per il risultato finale come i lunghi tempi d'attes a fra le diverse fasi della posa e la necessità di irrorare costantemente la superficie onde evitare di "bruciar e" l'impasto con conseguente diminuzione delle caratteristiche di resistenza e di durabilità; durante il processo di presa, infatti, la perdita d'acqua dovrà essere graduale; il quantitativo d'acqua dovrà essere relazionato ai singoli casi specifici poiché l'asciugatura più o meno veloce dipenderà da diversi fattori tra i quali: l'umidit à atmosferica, il sole battente e la velocità del vento. Considerata la difficoltà della messa in opera si potrà r ealizzare un rappezzo limitando la malta di calce aerea (sia grassello di calce sia calce idrata) allo strato fin ale, mentre per i primi strati aggiungere all'impasto una quantità di legante idraulico (calce idraulica natural e NHL o in alternativa calce idraulica naturale con aggiunta di materiali pozzolanici fino ad un massimo del 2 0% NHL-Z) in modo da poter accorciare i tempi d'attesa fra le diverse fasi operative. Previa preparazione d

el supporto come indicato nell'articolo inerente il rappezzo di intonaco, si procederà alla posa del primo strat o di rinzaffo che potrà essere composto da 2 parti di grassello di calce; 1 parte di calce idraulica naturale N HL 5 e 9 parti di sabbione (in alternativa si potranno sostituire 3 parti di sabbione con altrettante di cocciope sto o pozzolana) lasciando la superficie a ruvido, dopo aver atteso almeno tre giorni (durante i quali la super ficie verrà costantemente bagnata); previa bagnatura del supporto si stenderà lo strato di arriccio (ad es. 4 parti di grassello di calce; 1 parte di calce idraulica naturale NHL 3,5; 10 parti di sabbia vagliata) in eventu ali strati successivi (di spessore non superiore a 1-1,5 cm per singolo strato) fino al raggiungimento dello spess ore indicato da progetto. L'ultimo strato verrà staggiato superficialmente portando il profilo dell'intonaco al giusto livello aiutandosi con le fasce di guida; si dovrà provvedere alla frattazzatura così da uniformare la pl anarità e le superfici dovranno risultare piane ma allo stesso tempo scabre per consentire alla finitura di ade rire bene (per maggiori dettagli sulle finiture si rimanda a quanto detto negli articoli specifici).
*Specifiche:* Sarà opportuno ricordare che i rappezzi di sola malta di calce aerea idrata in polvere saranno p oco confacenti per superfici esterne poiché poco resistenti nel tempo all'aggressione degli agenti atmosferici (poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche e spiccata propensione all'assorbimento capillare d'acqua); si co nsiglierà pertanto di limitare l'intervento, dove sarà consentito, alle superfici interne. Nella preparazione dell e malte con grassello di calce, il grassello dovrà essere anticipatamente stemperato (in pari volumi d'acqua) c osì da ottenere una densità tale da mantenere limitatamente le forme, in ogni caso tale da non essere autoliv ellante in superficie; ottenuto il latte di calce, sempre mescolando, verrà aggiunto l'inerte scelto. In caso di mal te bastarde con grassello e calce idraulica quest'ultima dovrà essere mescolata precedentemente all'impasto con l'inerte. Per quanto concerne le malte idrauliche dovranno essere utilizzate entro le 2 ore in estate (3 ore i n inverno) dall'aggiunta dell'acqua. Ad operazione conclusa sarà possibile porre in risalto l'aggregato, tamp onando la superficie con spugne ed acqua deionizzata o sfregando la superficie con pasta abrasiva, rimossa in un secondo tempo con spugna bagnata.
*Rappezzo di intonaco civile*
Per rappezzo d'intonaco civile s'intende un intonaco steso in due strati; il primo costituisce il fondo ed il second o lo strato di finitura. Questo tipo di rappezzo è di facile e rapida esecuzione; risulterà particolarmente adat to per colmare lacune poco profonde (considerato il suo spessore limitato intorno ai 1,5-2 cm), principalmente su cortine murarie in laterizio, in edifici di poco pregio. Se non diversamente indicato dagli elaborati di proge tto si potrà utilizzare come intonaco di fondo un impasto costituito da: 1 parte di calce idraulica; 0,10 parti di cemento bianco e 2,5 parti di sabbione (granulometria 1,5 parti di 1,5-3 mm più 1 parte di 0,5-1,2 mm), me ntre per lo strato a finire 1 parte di calce idraulica e 2 parti di sabbia fine (granulometria 0,5-0,8 mm). L'ap plicazione sulla superficie seguirà le procedure elencate nell'articolo inerente il rappezzo d'intonaco; previa bagnatura della parete verrà applicato lo strato di fondo dopodiché, a presa avvenuta, si procederà con la stesura dello strato di finitura tramite cazzuola americana o sparviero; la superficie verrà successivamente rifi nita con frattazzo in legno o di spugna secondo la finitura desiderata.

**5.2. Finiture superficiali**
La finitura, così come da definizione, costituisce l'ultimo strato dell'intonaco; realizzata in spessori ridotti si otti ene utilizzando impasti con miscele selezionate di materiali vagliati accuratamente e messi in opera seguendo diverse tecniche, a seconda dell'effetto finale desiderato; a tale riguardo importante è la tipologia e la gran ulometria dell'inerte prescelto visto che a questo elemento si lega la consistenza e soprattutto l'aspetto della f initura stessa (liscia o rugosa).
*Intonachino o colla*
La finitura ad intonachino verrà applicata su di uno strato d'intonaco, realizzato con calce aerea od idraulica naturale, non lavorato (lasciato a rustico); l'impasto, che si comporrà di grassello di calce (in alternativa si pot rà utilizzare una malta imbastardita con una porzione di calce idraulica naturale NHL 2 con un rapporto gras sello-calce idraulica 5:1) ed inerte la cui granulometria dipenderà dall'effetto finale desiderato (fine o rustic o); il rapporto legante-inerte potrà variare da 1:2 (se si utilizzerà una malta bastarda) a 1:1 e lo spessore n on dovrà essere superiore a 3 mm. L'intonachino verrà applicato mediante spatola americana in acciaio in un o o più strati, secondo il grado di finitura che si desideri ottenere e in riferimento alle specifiche di progetto. Il risultato dell'operazione dipenderà molto dall'applicazione dell'inerte, per questo la messa in opera sarà pre feribile eseguirla quando il supporto d'intonaco si presenterà ancora sufficientemente fresco in modo tale che l'inerte possa ben aderire. La temperatura d'applicazione potrà oscillare tra i +10 °C e i +30 °C.
Intonachino fine
La finitura ad intonachino fine si otterrà mediante l'uso di un impasto con inerti a granulometria compresa tra i 0,4-0,8 mm (ad es. 0,40-0,60 mm per un 55%, di 0,6-0,8 mm per il restante 45%) applicati in due strati succ essivi, applicando il secondo strato ad asciugatura del primo avvenuta. L'ultimo strato verrà lavorato a fratta zzo (di spugna o di legno secondo la finitura desiderata) prima della completa asciugatura.
*Intonachino rustico*
La finitura ad intonachino rustica, si otterrà mediante l'uso di un impasto con inerti di granulometria compresa tra i 0,6-1,2 mm (ad es. 0,6-0,8 mm per un 15%, di 8-10 mm per un 30% e di 1,00-1,20 mm per il restante

55%); l'effetto finale sarà in grado di mascherare eventuali fessurazioni presenti nell'intonaco oltre a resping ere l'assorbimento dell'acqua proteggendo così la parete. La messa in opera dell'impasto potrà essere realiz zata, se non diversamente specificato da progetto, anche in un solo strato da frattazzare prima del completo essiccamento, mediante spatola di plastica o con frattazzo di spugna.

**6. Integrazione cromatica**

Lo scopo dell'integrazione cromatica sarà quello di colmare le lacune esistenti nella pellicola pittorica che rico prirà l'intonaco, in modo tale da ripristinare la continuità cromatica e, allo stesso tempo, ristabilire la funzione protettiva propria dello strato pittorico. Prima di procedere al ripristino il supporto dovrà, necessariamente, e ssere preparato mediante pulitura (ricorrendo alle tecniche in riferimento al tipo di deposito da rimuovere) e successivo consolidamento (o eventuale preconsolidamento laddove si renderà necessario). Sul supporto così p reparato si procederà all'integrazione cromatica rispettando la tipologia di tinteggiatura presente sulla pare te. I prodotti che si potranno utilizzare, sempre in relazione alla preesistenza, potranno essere: pitture (la pelli cola risulterà prevalentemente coprente), vernici (la pellicola anche se colorata risulterà trasparente) e tinte (n on formeranno pellicola). Le tecniche pittoriche che più frequentemente si potranno rintracciare sulle superfici i ntonacate saranno: tinteggiatura alla calce, pittura alla tempera e pitture a base di silicati (per maggiori dett agli si rimanda agli articoli specifici).

***7.* Integrazione di stucchi e modanature**

La procedura si pone lo scopo di consolidare e/o ricostruire le modanature di pietre artificiali (ad es. cornicio ne di gronda o cornice marcapiano, profilo di archi ecc.) e di finti elementi architettonici (elemento di bugnato paraste ecc.) presenti sull'apparecchio murario.

***7.1.* Integrazione cornici**

L'intervento tenderà a ricostruire elementi architettonici con presenza di modanature allorché la loro condizion e estremamente degradata non permetta il recupero mediante semplice integrazione-stuccatura.

*Operazioni preliminari*

La procedura operativa prevedrà, previa accurata asportazione sia di materiale incoerente (polveri e detriti) sia d'eventuali materiali d'alterazione (croste nere, pellicole, efflorescenze saline ecc.) un'eventuale regolarizz azione dei bordi della lacuna e l'asportazione, con l'ausilio di mazzetta e scalpello, delle parti disancorate o fortemente degradate al fine di produrre una superficie scabra che faciliti il successivo ancoraggio dei materi ali aggiuntivi. Nel caso di cornici o modanature in genere di malta di calce o cemento con presenza di armatu re metalliche interne, oramai ossidate o scoperte, si renderà necessario (previa spazzolatura a "metallo bianc o" dei ferri a vista) un primo trattamento, al fine di fermare i fenomeni degradanti, con idonea boiacca passi vante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm (caratteristi che minime: adesione all'armatura > 2,5 N/mm², pH > 12, tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 4 0-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C).

*Armatura di sostegno*

Ove richiesto da specifiche di progetto o indicazioni della D.L., si procederà alla messa in opera di un'armatu ra di sostegno al fine di impedire allo stucco di deformarsi sotto il suo stesso peso proprio o di aderire in mod o imperfetto al supporto. Queste armature, seguendo le indicazioni di progetto, potranno essere di vario tipo in ragione delle dimensioni e della complessità delle modanature da restaurare. In presenza di mancanze di modeste dimensioni sarà sufficiente armare con chiodi inossidabili (minimo ⌴ 4 mm) a testa larga o perni cost ituiti da barrette filettate in acciaio inossidabile, preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (31 4 o 316) che presenterà anche buone doti di piegabilità (⌴ variabile dai 3 ai 6 mm) inseriti in perfori (con d iametro e lunghezza leggermente superiori), e successivamente sigillati. La disposizione dei perni sarà, di nor ma, eseguita a distanza regolare (così da poter sostenere eventuali elementi in laterizio costituenti il corpo de lla cornice) in ragione del tipo di volume da ricostruire in alternativa si potrà adottare una disposizione a quin conce, in tal modo si favorirà l'eventuale messa in opera di un reticolo di sostegno costituito unendo gli elemen ti con filo di ferro zincato ovvero d'ottone. Dietro specifica indicazione della D.L. si potranno installare perni c on l'estremità libera piegata ad uncino o con altra sagoma specifica. In ogni caso le barrette dovranno avere una luce libera pari ad un sotto livello di 1 o 2 cm rispetto alla superficie finale.

In presenza di volumi di notevole aggetto si potrà ricorrere ad armature "multiple" ovverosia una prima arma tura di lunghezza sufficiente a sostenere solo la parte più retrostante; una volta che questo livello sia indurito si provvederà ad armare il livello successivo fino ad arrivare allo spessore desiderato. Per il primo livello d'a rmatura, se non diversamente specificato dalla D.L., si utilizzeranno elementi in laterizio (mattoni, tavelline, toz zetti ecc.) allettati con malta di calce idraulica; questi elementi dovranno preventivamente essere saturati d'ac qua così da evitare eventuali sottrazioni di liquido all'impasto. L'esecuzione di supporti in laterizio sarà da ad ottare specialmente in presenza di cornici con base geometrica, all'intonaco sarà, in seguito, demandato il co mpito di raccordare le volumetrie di base e di creare le eventuali varianti. In alternativa si potranno utilizzare anche altre tecniche d'armatura come quella di predisporre un supporto costituito da listelli e tavolette di legn

o (di spessore sottile ad es. 5x25 mm) ben stagionato con funzione di centina di sostegno. Con questa second a tecnica si potranno ottenere grandi cornicioni leggeri, economici e di facile quanto rapida esecuzione.
*Malta da ripristino*
L'integrazione potrà essere seguita con un impasto a base di calce idraulica, grassello di calce o, nel caso di elementi interni, di gesso, con l'eventuale aggiunta di resine acriliche (al fine di migliorare l'adesività della m alta) e cariche di inerti selezionati di granulometria compatibile con il materiale da integrare (ad es. 1 parte grassello di calce; 3 parti calce idraulica naturale NHL 2; 10 parti di sabbia lavata e vagliata; 0,4 parti resi na acrilica in emulsione; rapporto legante-inerte 1:2,5). In alternativa a questo tipo di malta si potrà utilizzar e un impasto a base di polimeri sintetici, preferibilmente acrilici (buone caratteristiche agli agenti atmosferici, incolori e trasparenti anche in massa e scarsa tendenza all'ingiallimento) caricati con detriti e/o polveri della pietra dell'elemento originario (rapporto legante-inerte 1:2). Entrambi le tipologie d'impasto potranno essere additivate con pigmenti minerali al fine di avvicinarsi maggiormente come grana e colore al materiale origin ario (per maggiori specifiche sulla composizione di malta da stuccatura si rimanda agli articoli specifici). La re integrazione andrà eseguita per strati successivi, analogamente al procedimento utilizzato per le stuccature, n el caso d'utilizzo d'impasto a base di resina acrilica, sarà consigliabile applicare strati di modeste dimensioni (massimo 10-15 mm) così da favorire la catalizzazione della resina. In presenza di notevoli sezioni da reinteg rare potrà rivelarsi vantaggioso eseguire lo strato di fondo con un impasto formato da calce e cocciopesto co n granulometria media (1,5-5 mm) (ad es. 3 parti di grassello di calce, 1 parte di calce idraulica naturale NH L 2; 8 parti di sabbia lavata e vagliata, 4 parti di cocciopesto; rapporto legante-inerte 1:3). Questo impasto permetterà di applicare strati spessi (massimo 30-40 mm) contenendo la manifestazione di fessurazioni (ferm o restando la bagnatura diretta o indiretta, servendosi di teli umidi, delle superfici per più volte al giorno per la durata di una settimana).
*Modellazione con modine*
Al fine di ricostruire le modanature delle cornici sarà necessario preparare preventivamente una sagoma in m etallo (lamiera di alluminio o zinco di 3-4 mm; saranno da evitare il ferro o il ferro zincato in quanto di difficil e lavorabilità) che dovrà riprodurre in negativo il profilo della cornice da ripristinare. Sarà, inoltre, necessari o applicare al di sopra e al di sotto della cornice (ovvero ai due lati se la cornice sarà verticale) una guida p referibilmente in legno duro dove far scorrere, a più riprese il modine (il movimento dovrà essere deciso e sic uro tale da non compromettere con sviluppi anomali il risultato finale). In alternativa si potranno utilizzare dell e sagome libere (ad es. per la realizzazione di cornici a porte e finestre) che prenderanno come riferimento s pigoli e/o rientranze precedentemente realizzati. In ogni caso la modellazione della malta con le sagome do vrà, necessariamente, essere eseguita solo quando questa cominci a far presa ma sia ancora modellabile. La sagoma dovrà essere tenuta sempre pulita recuperando la malta in abbondanza e pulendo accuratamente il profilo della lamina.
Per ripristinare cornici in stucco o in gesso di particolare complessità potrà essere vantaggioso predisporre du e sagome: una per il fondo grezzo (di alcuni millimetri più piccola rispetto al disegno finale) l'altra (con dimen sioni definitive) per lo strato di finitura. In ogni caso, per realizzare un cornicione di notevoli dimensioni, sarà s empre consigliabile operare in più passaggi (almeno 4 o 5) piuttosto che in uno solo, per cantieri di lavoro ch e non dovranno superare i 2-2,5 m di lunghezza.
*Modellazione con strumenti da muratore*
In alternativa alla modine, per cornici realizzate in cotto, si potrà sagomare la sezione anche con l'ausilio dell a sola cazzuola: si stuccheranno da prima i giunti portandoli alla quota della superficie del laterizio, in seguit o si stenderà a finitura un sottile strato d'intonaco. La lavorazione con la cazzuola seppure più lenta presenter à il vantaggio di poter operare anche in situazioni particolari come, ad esempio, quando il fondo in muratura risulterà talmente irregolare o compromesso tanto da essere impossibile impiegare sagome rigide, bacchette o frattazzi. Questi ultimi strumenti si riveleranno molto utili allorché si intervenga su una cornice con parziali la cune e si riesca a modanare la superficie utilizzando le tracce rimaste.
*Specifiche:* Al fine di riportare esattamente il disegno della modanatura sulla sagoma sarà necessario eseguir e un calco in gesso o in resina sintetica il cui negativo verrà tagliato lungo una sezione trasversale e utilizzato per riprodurre l'esatto profilo.

### 7.2. Integrazione bugne di facciata ed anteridi

L'intervento tenderà a ricostruire finti elementi architettonici come bozze di bugnato, paraste ecc. presenti sull' apparecchio murario allorché il loro stato di conservazione non permetterà più il recupero mediante semplice integrazione-stuccatura (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici).
La procedura seguirà quella enunciata nell'articolo sul ripristino di cornici, ad eccezione di qualche precisazio ne dovuta alla natura stessa degli elementi oggetto di intervento. La malta da ripristino sarà, prevalentement e, (se non diversamente prescritto dagli elaborati di progetto) a base di calce, gli eventuali leganti sintetici d ovranno avere, esclusivamente, una funzione di additivi. La modellazione avverrà per ogni singola bozza me diante l'uso di due sagome libere munite di supporto ligneo da far scorrere una in senso orizzontale da destr a verso sinistra, l'altra in senso verticale dal basso verso l'alto.

La malta dovrà inevitabilmente essere messa in opera su superficie scabra da ricavare, a seconda delle presc rizioni di progetto, mediante leggere striature del supporto, bocciardatura oppure mediante delle vere e pro prie armature di sostegno costituite da reti di acciaio inossidabile a maglia stretta o in polipropilene. Nel cas o di ricostruzione totale di bozza con aggetto di notevoli dimensioni sarà consigliabile eseguire un supporto, d a ancorare alla parete, con l'ausilio di elementi in cotto allettati con malta di calce idraulica, sarà però necess ario che questi elementi siano preventivamente saturati d'acqua così da evitare eventuali sottrazioni di liquido all'impasto.

**8. Integrazione, ripristino pavimentazioni**

L'intervento di ripristino delle pavimentazioni dovrà, necessariamente, essere preceduto dalle analisi, non inva sive, dei fenomeni che hanno provocato patologie di degrado dei materiali oggetto di intervento; pertanto pr ima di intervenire con i diversi sistemi di stuccatura o protezione sarà appropriato procedere asportando le e ventuali sostanze inquinanti (efflorescenze saline, crescite microorganiche, concrezioni ecc.) o più generalmente con un trattamento di pulitura, sgrassatura o deceratura utilizzando la tecnica che si riterrà più idonea al sing olo caso, in ragione del tipo di pavimento, del suo stato di conservazione, della natura delle sostanze degrad anti e dei risultati delle analisi di laboratorio (per maggiori dettagli sulle tecniche di puliture si rimanda alle p rocedure specifiche).

Nel caso in cui l'integrazione sia rivolta a fratture ovvero piccole cavità, il protocollo seguirà le procedure ind icate per gli elementi lapidei o per quelli lignei ad eccezione di qualche precisazione dovuta alla natura dell a mancanza (piccola entità sia in termini di estensione sia di profondità). La stuccatura sarà eseguita con mate riali in pasta costituiti da un legante di tipo inorganico (ad es. calce idraulica naturale) o, più di frequente, or ganico (ad es. polimeri sintetici come le resine acriliche) e da una carica (polvere di legno, caolino, argilla fini ssima, polvere di marmo ecc.) in ragione del supporto (cotto, pietra, legno ecc.) oggetto d'intervento; se espre ssamente richiesto dagli elaborati di progetto questi impasti potranno essere additivati (ad es. cariche di gluc onato di sodio, pigmenti colorati ecc.) al fine di esaltare ad esempio le caratteristiche di presa, fluidità, antirit iro, resistenza meccanica ecc. (per maggiori dettagli sugli impasti si rimanda a quanto detto agli articoli prec edenti).

Previo eventuale sgrassamento delle superfici si applicherà la pasta, della consistenza voluta, sulle parti manc anti adoperando piccole spatole metalliche o bacchette di legno esercitando una modesta pressione al fine di otturare la cavità, in caso di fessure più profonde si potranno eseguire più strati di materiale intervallati tra l oro con un tempo di attesa necessario per l'essiccazione. In questo caso, inoltre, si renderà vantaggioso, ai fini di un corretto aggrappaggio tra gli strati, graffiare la superficie di quello sottostante, prima del suo indurime nto.

Al fine di eludere il fenomeno del ritiro e di permettere le eventuali successive operazioni di arrotatura, levig atura e lucidatura (soprattutto in presenza di pavimenti in cotto, marmo, marmette colorate in pasta) sarà con sigliabile impiegare una quantità di stucco moderatamente eccedente il volume da riempire.

*Integrazione con nuovi elementi*

In caso di elementi non più solidali con il sottofondo (parti mobili o totalmente distaccate) la procedura preve drà, solo se espressamente indicato dagli elaborati di progetto, il loro cauto smontaggio e la loro pulitura (p er le procedure operative riguardanti lo smontaggio del pavimento si rimanda a quanto prescritto nell'articol o specifico) con spazzole di saggina, scopinetti, piccole spatole, tamponi imbevuti di sostanze detergenti o alt ra tecnica ritenuta idonea dalla D.L.; in seguito si procederà alla riposa in opera definitiva che dovrà essere eseguita con malta di allettamento il più possibile simile a quella originale. In presenza di vaste zone d'interv ento si renderà necessaria la rimozione degli elementi fino all'intera asportazione del massetto costituente il s ottofondo. Il nuovo massetto (a base di calce idraulica naturale NHL 5 e sabbione in rapporto 1:2) dovrà esse re lasciato stagionare per il tempo necessario (almeno 7 giorni); le eventuali lesioni che dovessero manifestars i andranno riempite con boiacca di calce idraulica. Si procederà, successivamente, alla posa in opera degli el ementi recuperati (ovvero dei nuovi elementi se questi non potranno essere recuperati) con un letto di malta di calce idraulica (a consistenza plastica) di adeguato spessore (di norma 2 cm, comunque uguale a quello aspor tato) disteso sul sottofondo; gli elementi saranno collocati uno alla volta, accostati tra loro mediante appositi distanziatori al fine di creare le fughe desiderate (minimo 0,5 massimo 5 mm). Si premerà, infine, su ogni ele mento (battendo gli angoli con il martello di gomma o con il manico di legno della mazzetta) facendo refluire la malta e, allo stesso tempo, in modo da posizionarlo ad una quota leggermente superiore al piano finito cos ì da compensare l'abbassamento dovuto al naturale ritiro della malta. A distanza di 2-4 ore (in ragione delle condizioni ambientali) dal termine della posa, le superfici pavimentate dovranno essere bagnate al fine di ga rantire una stagionatura ottimale della malta di appoggio. Per la stuccatura delle fughe sarà consigliabile uti lizzare una boiacca liquida così da essere capace di penetrare agevolmente nelle fessure, inoltre si renderà necessario ripetere l'operazione 2/3 volte, a distanza di almeno 8 ore una dall'altra. Ultimata la stuccatura e passate 4-6 ore, sarà necessario bagnare il pavimento posato. La boiacca utilizzata per la stuccatura delle f ughe sarà composta seguendo le disposizioni di progetto o indicazioni della D.L., in mancanza di queste si pot rà comporre un impasto a base di cemento bianco pigmentato con ossidi colorati (massimo 10%) con l'eventu

ale aggiunta di lattice acrilico al fine di conferire un minimo di elasticità allo stucco; sarà consigliabile effettu are delle prove al fine di individuare la giusta tonalità della stuccatura in modo che il colore delle fessure rie mpite si mimetizzi con quello degli elementi adiacenti.
*Specifiche:* In linea generale si dovrà evitare l'inserimento di nuovi elementi, cercando di riutilizzare quelli orig inali, se questo non dovesse essere possibile (causa mancanze, eccessivi degradi ecc.) sarà opportuno utilizzar e, per le eventuali parziali sostituzioni, materiali e tecniche di lavorazione similari a quelle originali ma al cont empo, se specificatamente indicato dagli elaborati di progetto, dovranno attestare la "modernità", in modo d a distinguersi.
Nel caso di utilizzo di pietra da taglio, questa dovrà presentare la forma e le dimensioni indicate negli elabo rati di progetto ed essere lavorata, secondo le prescrizioni che verranno impartite dalla D.L. all'atto dell'esec uzione, nei seguenti modi:
– a grana grossa: (spuntato grosso, medio o fine secondo il tipo di subbia utilizzata) si intenderà quella lavor ata semplicemente "alla punta", ottenuta mediante mazzetta e scalpello a punta detto Subbia o punta; quest o tipo di lavorazione sarà, generalmente, eseguita a mano (su spessori di almeno 4 cm) pertanto si rivelerà u n'operazione onerosa ma di particolare effetto, la cui resa finale sarà accentuata dal risalto conferito al cara ttere del litotipo; (in alternativa si potrà operare con l'ausilio di microscalpelli elettrici);
– ordinaria: (spuntato alla martellina a tre denti) lavorazione simile alla precedente ma eseguita con l'ausilio di martellina a denti larghi, anche questo tipo di lavorazione si eseguirà su spessori minimi di 4 cm;
– a grana mezza fina: (a martellina mezza fina, a bocciarda grossa, a bocciarda media, gradinato medio, g radinato fine) lavorazione eseguita tradizionalmente a mano su spessori minimi di 3 cm con utensili per urto ti po le martelline a 6 denti allineati, polka, bocciarde (da 9 e 16 punti) e scalpelli (a penna, raschino, gradina a penna dentata, calcagnolo, ferrotondo ecc.); essendo una lavorazione molto onerosa, oggi, sovente si ricorr e all'utilizzo degli stessi strumenti ma di tipo pneumatico (ad es. microscalpelli elettrici), in alternativa, per la l avorazione su vaste aree, si può ricorrere a macchine automatiche. Questo tipo di lavorazione sarà indubbia mente il più utilizzato per i rivestimenti e per le pavimentazioni esterne;
– a grana fina: (a bocciarda fine, scalpellato medio, scalpellato fine) lavorazione simile alla precedente (spe ssore minimo di lavorazione 3 cm), ma eseguita con strumenti più fini (ad es. bocciarde da 24 o 36 punti, scal pelli minuti od unghietti).
In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati affinché le connessioni fra i conci non superino la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre. Qualunque sia il grado di lavorazione delle facce a vista, i letti di posa e le facce adiacenti dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorate a grana fina. N on dovranno essere presenti né smussature agli spigoli né cavità nelle facce o stuccature in malta.
Nel caso di arrotatura, levigatura e lucidatura di pavimenti in marmette (elementi di pasta cementizia colorat a o impasto di graniglia, polvere di marmo e cemento fino alla dimensione di 250x250 mm spessore minimo 25 mm), o marmettoni (elementi di impasto con scaglie di marmo, polvere di marmo e cemento fino alla dimen sione di 500x500 mm spessore minimo 35 mm), si dovrà porre particolare attenzione allo spessore dello strat o superficiale al fine di evitarne la completa asportazione, con la conseguente esposizione dello strato di sup porto grigio in malta cementizia.
*Arrotatura e levigatura*
Avvenuta la presa della malta delle stuccature (in ogni caso non prima di 20 giorni) le superfici pavimentate s ubiranno una prima sgrossatura con idonea macchina (manettone). La fase di arrotatura-levigatura consterà d i più passaggi successivi della macchina, la cui opera raffinatrice sarà realizzata da apposite mole abrasive che agiranno in presenza di acqua; le mole utilizzate per i primi passaggi (arrotatura) saranno del tipo a gra na grossa 60-120 (1/60 di mm identifica il diametro dell'abrasivo nell'impasto delle mole) ed avranno lo sco po di rendere uniforme il piano trasformandolo in un'unica lastra piana. Il fango di risulta dovrà essere oppor tunamente rimosso ed il pavimento dovrà essere accuratamente lavato cosicché sulla superficie non rimanga a lcuna traccia di melma. Al fine di togliere eventuali rigature, lasciate dalla prima molatura, dovrà essere spal mato sul pavimento uno strato di boiacca convenientemente colorata con le percentuali di pigmenti scelti. Pass ato il tempo necessario all'indurimento della boiacca si passerà alla levigatura meccanica mediante l'utilizzo di appropriate mole di grana media (220-600) fino ad arrivare a grane fini (600-800); dove la macchina le vigatrice non potrà operare, cioè negli angoli, o sotto ostacoli come lavelli, sanitari o radiatori, sarà consiglia bile ricorrere a idonei frullini manuali muniti di idoneo distributore di acqua (al fine di evitare "bruciature" del le marmette). Nel caso di posa in opera di battiscopa, o rivestimenti in genere, sarà consigliabile la posa in o pera dopo aver eseguito alcune passate di arrotatura così da aver costituito un perfetto piano di posa.
*Lucidatura*
Previa eliminazione delle rigature si procederà alla fase di lucidatura eseguita mediante un feltro localizzato sotto la macchina e l'uso d'acido ossalico. In questa fase si effettuerà la piombatura del pavimento che sarà e seguita grazie all'azione di due fogli di piombo inseriti in modo incrociato al di sotto del feltro; i fogli ruotera nno sull'interfaccia del pavimento ed il calore creato dall'attrito favorirà il distacco di residui di piombo dai d ischi che andranno ad occludere i pori presenti sulle marmette. A lucidatura eseguita sarà consigliabile lavare

con acqua e detergente neutro più volte la superficie al fine di rimuovere eventuali velature biancastre create dalla lucidatura.

**9. Integrazione di porzioni murarie**

L'operazione di integrazione di porzioni di murature potrà rendersi necessaria in situazioni dove l'apparecchi o murario risulti particolarmente degradato o lacunoso di elementi componenti tanto da rendere la struttura m uraria a rischio di conservazione. Le integrazioni potranno riguardare murature o strutture murarie incomplete, interrotte o da consolidare (in questo caso si parla di operazione di "scuci e cuci"), che in ogni caso porranno problemi di connessione con le porzioni preesistenti.

In linea di massima la procedura si identificherà come un vero e proprio intervento costruttivo che, confrontan dosi con il manufatto preesistente dovrà valutare di volta in volta le relazioni tra le parti ovvero, la messa in opera di elementi analoghi o meno per forma, dimensione, tecnica di lavorazione e posa in opera rispetto a quelli "originali" (o meglio preesistenti). Tutto questo non dipenderà esclusivamente da ragioni di tipo tecnico-costruttivo ma, piuttosto, da precisi intenti progettuali, primo dei quali il rispetto o meno verso l'autenticità, la r iconoscibilità e la distinguibilità dell'intervento ex novo.

I fattori che potranno indirizzare le scelte di progetto saranno principalmente i materiali, le forme, le dimensio ni e le lavorazioni degli elementi scelti per l'integrazione, i tipi di apparecchiatura e le tipologie di posa in o pera; le casistiche possibili saranno svariate, le più ricorrenti possono essere individuate in:

– integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione, tipo di lavorazione uguali a quelli dell'apparecc hio preesistente e con lo stesso tipo di apparecchiatura (integrazione mimetica);

– integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione, tipo di lavorazione uguali a quelli dell'apparecc hio preesistente ma apparecchiati in modo differente rispetto a quelli dei tratti limitrofi;

– integrazione con elementi di materiale uguale a quelli dell'apparecchio preesistente ma con forma, dimensi one, tipo di lavorazione differenti rispetto a quelli dei tratti limitrofi e posti in opera con apparecchiature ana loghe o differenti rispetto a quelle delle porzioni confinanti;

– integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione uguali a quelli dell'apparecchio preesistente, ma diversi per il tipo di lavorazione e posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle dei tratti limitrofi;

– integrazione con elementi di forma, dimensione, tipo di lavorazione uguali a quelli dell'apparecchio preesist ente ma di materiale diverso (di norma più resistente o di colore differente) posti in opera con apparecchiatu re analoghe o differenti rispetto a quelle dei tratti limitrofi;

– integrazione eseguita con elementi di dimensione uguale a quelli dell'apparecchio preesistente ma di materi ale diverso e di forma opposta a quella preesistente.

In linea generale la procedura operativa di integrazione dovrà seguire le fasi sotto elencate.

**Operazioni preliminari**

Accurato rilievo in scala adeguata (minimo 1:25) dello stato di fatto dell'apparecchio murario con tecnica e st rumentazione indicata dalla D.L., se non diversamente specificato si eseguirà un rilievo fotogrammetrico, anali tico o digitale esteso non soltanto, alla porzione della muratura da integrare ma a tutta la sezione oggetto d i integrazione. Se non diversamente specificato dalla D.L. si procederà, inoltre, alla redazione di rilievo in sca la 1:1 delle sole porzioni di murature da integrare. Le informazioni ricavate dalla suddetta analisi dovranno s ervire a definire la qualità, le forme e i modi di posa in opera dei nuovi elementi. Questi elaborati costituiran no la base per la "progettazione" dell'integrazione, sarà, pertanto, utile elaborare delle simulazioni con dive rse soluzioni progettuali al fine di verificare meglio le scelte operate.

Nel caso in cui le operazioni di rilievo manuale e/o strumentale non fossero sufficienti ad apprendere tutti i d ati necessari (specialmente informazioni riguardanti le sezioni interne dell'organismo murario) potranno essere eseguiti eventuali accertamenti diagnostici (indagini endoscopiche, termografiche ecc.) specifici da scegliersi in accordo con la D.L.

Previa messa in sicurezza della struttura con idonee opere provvisionali, sarà possibile procedere alla rimozio ne degli elementi particolarmente sconnessi e/o decoesi. La rimozione dovrà avvenire per cantieri successivi d i limitata entità dall'alto verso il basso così da non arrecare ulteriore stress all'organismo murario. Successiva mente a questa fase di rimozione sarà necessario operare una pulitura generalizzata dei piani di appoggio e di connessione dei nuovi conci. La pulitura, se non diversamente specificato, avverrà mediante strumenti mec canici (quali ad es. spazzole, scopinetti eventuali piccoli aspiratori) o eventualmente blande puliture ad acqua facendo attenzione a non arrecare danno ai materiali preesistenti (per ulteriori specifiche inerenti le metodolo gie di pulitura si rimanda a quanto detto negli articoli specifici).

**Messa in opera dei nuovi elementi**

La vera messa in opera degli elementi dovrà essere preceduta dalla "presentazione", ovvero la sistemazione provvisoria degli elementi nuovi nella sede prevista, al fine di verificare l'accettabilità della loro forma e l'eff ettiva realizzabilità dell'intervento, oppure dalla "presentazione" di un campione tipo di integrazione (ad es.

nel caso di integrazione di apparecchio in opus reticulatum con un altrettanto opus reticulatum ma convesso e realizzato in malta). Per agevolare l'operazione di "presentazione" del primo caso si potrà far uso di zeppe o liste di legno per appoggiare provvisoriamente gli elementi nella loro sede.
Nel caso di integrazioni murarie con nuovi elementi lapidei la messa in opera degli stessi avverrà previa prep arazione dei letti con malta di calce preferibilmente simile per composizione a quella presente in situ, eventua lmente additivata per migliorarne l'aderenza o diminuirne il ritiro. Dietro specifica indicazione della D.L. si pr ovvederà all'inserimento di eventuali perni (ad es. barre filettate) o zanche in acciaio inox al fine di migliorar e la connessione tra i nuovi elementi.
Dopo la messa in opera degli elementi di integrazione, nel caso di un paramento a faccia vista, si dovrà eseg uire la finitura e la stillatura dei giunti soprattutto in prossimità dei bordi d'unione tra il vecchio e il nuovo al fi ne di evitare, proprio in questi punti delicati, discontinuità strutturali.

**10. Rincocciatura di murature**
La rincocciatura è un'operazione che interessa la ricostruzione di mancanze o lacune murarie (generate ad es empio da crolli o distruzioni), nella massa e nel volume, tramite l'inserimento di nuovi materiali compatibili con quelli presenti allo scopo di ripristinare la continuità della parete. Potrà limitarsi al paramento esterno od inte ressare la muratura, per tutto il suo spessore; questo ultimo caso si differenzia dall'integrazione muraria poich é coinvolge porzioni limitate di muratura e, dallo scuci e cuci perché non prevede la rimozione delle parti di m uratura degradate. L'operazione di rincocciatura si renderà necessaria, inoltre, per evitare il progredire e/o l'insorgenza dei fenomeni di degrado (infiltrazioni d'acque meteoriche, di radici infestanti ecc.) che potranno attecchire all'interno della lacuna. Il compito strutturale dell'intervento potrà essere più o meno incisivo second o i singoli casi; se la rincocciatura dovrà assolvere un ruolo di sostegno i materiali utilizzati dovranno avere d elle caratteristiche di resistenza meccanica a compressione tale da garantire la stabilità della struttura (sarà opportuno a tale riguardo ricorrere a materiali compatibili e similari, per natura e dimensioni, a quelli origina li), se invece si tratterà di colmare un vuoto si potranno utilizzare materiali come: frammenti di mattone, scagli e di pietra ecc. Se richiesto dalle specifiche di progetto, nei casi di strutture a rischio di crollo, prima di proce dere con l'intervento, si dovranno mettere in opera dei sostegni provvisionali circoscritti alla porzione che dovr à essere ripristinata; dalla cavità dovranno essere rimosse tutte le parti incoerenti o eccessivamente degradat e tramite l'utilizzo di mezzi manuali (martelli o punte) facendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitan do di provocare ulteriori danni.
All'interno della lacuna, se indicato dagli elaborati di progetto, potranno essere realizzate delle forature per l'inserimento di perni e connettori necessari per facilitare e, allo stesso tempo, garantire l'efficace ancoraggio dei nuovi elementi (per maggiori delucidazioni sulla tipologia dei perni si rimanda agli articoli inerenti: stuccat ura elementi in laterizio e fissaggio e riadesione elementi sconnessi e distaccati). La cavità dovrà poi essere p ulita ricorrendo a mezzi manuali come spazzole, raschietti o aspiratori in modo da rimuovere i detriti polverul enti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l'uso di acqua, l'intervent o dovrà attenersi alle indicazioni specificate negli articoli inerenti la pulitura a base di acqua). La posa in ope ra dei nuovi materiali dipenderà dal tipo di rincocciatura che s'intenderà realizzare (se limitata al paramento esterno oppure estesa in profondità) e dalla relativa tecnica utilizzata; in ogni modo sarà sempre buona norm a ricorrere a materiali affini agli originali in modo da evitare l'insorgenza d'incompatibilità fisico-chimiche. La malta di connessione dovrà essere similare a quella presente sul paramento murario per rapporto legante-ine rte e granolumetria dell'inerte; se non diversamente specificato da progetto, si potrà ricorrere all'uso di una malta di calce (rapporto legante-inerte 1:3) così composta: 2 parti di calce aerea; 1 parte di calce idraulica; 9 parti di inerte (4 parti di cocciopesto, 5 parti di sabbia vagliata). Dopo la messa in opera del materiale di risarcitura, nel caso di un paramento a faccia vista, si dovrà eseguire la finitura e la stilatura dei giunti soprat tutto in prossimità dei bordi d'unione tra il vecchio e il nuovo al fine di evitare, proprio in questi punti delicati, discontinuità strutturali.
Se specificatamente indicato dagli elaborati di progetto l'intervento di rincocciatura, potrà essere denunciato realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però c he la non complanarietà delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

**11. Tassellatura**
L'intervento di tassellatura ha lo scopo di integrare mancanze generate da diversi fenomeni (rimozioni eseguit e a causa di degrado avanzato, distacchi generati da azioni meccaniche ecc.) utilizzando materiali compatibil i (meglio se di recupero) similari per consistenza e colore al supporto. L'operazione riguarderà in particolare, il ripristino di porzioni di paramenti decorativi quali: modanature, cornici, riquadrature di porte e finestre, fas ce marcapiano ecc. Il tassello posto in opera dovrà riprodurre con esattezza la parte asportata o mancante; a sbozzatura avvenuta, previa pulitura della cavità, dovrà essere inserito ed adattato in modo da garantire l a continuità superficiale tra la parte nuova e quella vecchia. L'adesione di tasselli di piccole dimensioni potrà essere realizzata, oltre che con l'ausilio di resine epossidiche, con una malta di calce idraulica naturale NHL 5 additivata con emulsioni acriliche (per migliorare l'adesività) caricata con carbonato di calcio od altro aggre

gato di granulometria fine (ad es. cocciopesto, pozzolana ecc.). Nei casi, invece, in cui l'intervento presenti delle dimensioni considerevoli e il tassello risulti particolarmente aggettante si potrà ricorrere all'uso di sostegni interni come perni in acciaio inossidabile o zincato (⌴ variabile da 4 a 10 mm) Fe B 44 K ad aderenza migliorata o barrette filettate in acciaio inossidabile AISI 316L (in caso di elementi non sottoposti a particolari sollecitazione meccaniche si potrà ricorrere a barre in vetroresina), saldati con l'ausilio di resine epossidiche bicomponenti ed esenti da solventi; l'impasto, steso con l'ausilio di piccole spatole, dovrà presentare un grado di tissotropicità o fluidità idoneo alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo sul fissaggio ed adesione degli elementi sconnessi e distaccati). Per tassellature in ambienti interni si potranno utilizzare, oltre alle resine epossidiche, anche le resine poliestere. I fori d'inserimento dei perni, eseguiti con trapano a sola rotazione, potranno essere, secondo i casi specifici, passanti o ciechi; le fessure in corrispondenza dell'unione del tassello andranno stuccate con polvere dello stesso materiale, legato con resine sintetiche (acriliche o elastomeri florurati) o calce naturale.

**12. Malte da restauro**

Malte da stuccatura o da ripristino (integrazioni, rappezzi ecc.) ovverosia impasti costituiti da un legante (calce aerea, calce idraulica naturale, cemento bianco) e da acqua, oppure da un legante, da acqua e da un inerte (sabbia, pietra macinata, polvere di marmo, cocciopesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, da 1:3 a 1:1, secondo le prescrizioni di progetto ovvero a seconda delle caratteristiche che si vogliono conferire alla malta (maggiore resistenza, maggiore lavorabilità). In linea generale le malte da utilizzare per le procedure di restauro dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti, per questo motivo saranno necessarie una serie di analisi fisico-chimiche, quantitative e qualitative sulle malte esistenti, in modo da calibrare in maniera ideale le composizioni dei nuovi agglomerati.

La malta dovrà presentarsi più o meno fluida a seconda dell'uso specifico e a seconda della natura dei materiali da collegare, in linea generale è buona norma che l'acqua utilizzata sia quella strettamente necessaria per ottenere un impasto omogeneo. L'impasto delle malte, eseguito con idonei mezzi meccanici o manualmente (da preferire per impasti di modesta quantità ma molto specifici) dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno essere ad ogni impasto misurati preferibilmente sia in peso che a volume. Nel caso in cui la malta preveda l'uso di grassello di calce, questo dovrà essere "stemperato" e ridotto in pasta omogenea prima di incorporarvi l'inerte; nel caso in cui si preveda un impasto con più leganti, sarà necessario impastare precedentemente i leganti tra loro e solo successivamente aggiungere gli aggregati, dando tra questi, la precedenza a quelli di granulometria più minuta.

La malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata o da polvere di cocciopesto, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto o dalla D.L. gli impasti impiegati in operazioni di restauro dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

– presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con le parti limitrofe. La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell'impasto (granulometria inerte, tipologia di legante ecc.);

– presentare una resistenza minore degli elementi da collegare così da evitare un'eventuale disomogeneità che potrebbe essere la causa di fessurazioni nelle strutture;

– avere una consistenza tale da favorire l'applicazione;

– aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di *slump* e legarsi opportunamente a questa durante la presa;

– essere sufficientemente resistente per far fronte all'erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;

– contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse);

– opporsi al passaggio dell'acqua, non realizzando un rivestimento di sbarramento completamente impermeabile, ma garantendo al supporto murario la necessaria traspirazione dall'interno all'esterno;

– presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.

*Specifiche:* Gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro; i residui d'impasto che non avessero per qualche ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto.

*Campi di impiego*

Le malte da restauro, a seconda del loro impiego, potranno essere classificate in:

1) malte per restauro di apparecchi murari: ossia allettamento di elementi lapidei, stilatura e/o rabbocatura dei giunti, riempimento dei vuoti o di soluzioni di continuità dell'organismo murario, protezione delle creste dei muri;

2) malte per restauri di intonaci: ossia rappezzi e/o integrazioni di porzioni di intonaco con eventuale, se pres ente, riproposizione dei diversi strati;
3) malte per applicazione di rivestimenti (musivi e pavimenti ecc.);
4) malte per il restauro di decorazioni: ossia impasti per integrazione di elementi architettonici plastici a riliev o;
5) malte per stuccature e sigillature: ossia impasti per il riempimento di lesioni, fratture, modeste mancanze;
6) malte per iniezione: ossia malte fluide caratterizzate da bassa viscosità applicabili a bassa pressione attra verso soluzioni di continuità o fori di modeste dimensioni con la finalità di riempire vuoti non superficiali o allo scopo di far aderire tra loro strati diversi.
Le malte da restauro dovranno essere conformi alle prescrizioni dettate dalle Raccomandazioni NorMaL 26/ 87 "Caratteristiche delle Malte da Restauro" e alle norme UNI 11088:2003, Beni Culturali – Malte storiche e da restauro. Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di s pecie solubili, UNI EN 11089:2003 Beni Culturali – Malte storiche e da restauro. Stima della composizione di alcune tipologie di malte; UNI EN 990:2004 "Specifiche per malte per opere murarie – parte 1: malte da int onaco e parte 2: malte da muratura.

***Art. 31.2. Operazioni di Integrazione pittorica in dipinti murari (affreschi, graffiti e pitture a secco)***

**Generalità**
Le integrazioni pittoriche delle lacune presenti in dipinti murari (affreschi, graffiti e pitture a secco) dovranno essere realizzate in funzione dell'entità della mancanza e dello stato di conservazione del dipinto stesso. L'int ervento dovrà, indipendentemente dalla tecnica prescelta, essere distinguibile dall'originale, reversibile e pre ceduto da operazioni preventive allo scopo di verificare ed assicurare l'effettiva stabilità del supporto e dell a superficie dipinta. La superficie interessata dall'intervento dovrà, per questo, essere ispezionata al fine di ri ntracciare eventuali anomalie come distacchi localizzati di intonaco dal supporto (per la procedura di riadesi one dell'intonaco al supporto si veda quanto esplicato nello specifico articolo) o fenomeni di degrado (efflore scenze saline, depositi humiferi, distacco di scaglie, polverizzazione superficiale, patine, sostanze grasse ecc.). Prima di procedere con le operazioni di integrazione la superficie dovrà, inoltre, essere pulita seguendo le in dicazioni dettate dalla D.L. (in relazione a quanto enunciato nelle specifiche procedure di pulitura) in modo d a poter disporre di riferimenti cromatici non alterati da patologie degenerative o da interventi postumi (ridipi nture, interventi recenti di restauro ecc.). Dovranno, inoltre, essere individuate delle aree campione (localizzat e in diverse zone del dipinto) così da poter effettuare le specifiche prove che dovranno essere, in seguito, doc umentate fotograficamente in modo da riuscire a valutare i risultati raggiunti. La fotografia dovrà essere effe ttuata ravvicinata, sia a quadro verticale sia, per un'ulteriore verifica, a luce radente, inoltre, dovrà essere uti lizzata una scheda di riferimento (come la banda Kodak color control) che, posta alla base della campionatur a, consentirà la fedele riproducibilità delle cromie. Al fine di garantire un buon risultato finale, dovranno esse re utilizzate fotocamere reflex su cui potranno essere montate diapositive o pellicole a colori (100, 64 ASA). Nel caso in cui si tratti di integrazioni realizzate in interni le riprese fotografiche potranno essere agevolate ri correndo all'uso di luci artificiali (lampade al quarzo con temperatura 3200 °K) posizionate ai margini della campionatura.
L'integrazione pittorica dovrà essere anticipata dalla stuccatura della lacuna, nei casi in cui manchi lo strato d i intonaco (se non diversamente indicato dalla D.L., potrà essere eseguita utilizzando calce e aggregati fini co me sabbia di fiume setacciata), realizzata in modo da risultare complanare alla superficie dipinta e tale da r iproporre, in maniera non mimetica ma distinguibile, l'imprimitura originale dedotta dall'analisi delle caratteri stiche dominanti della superficie dipinta. La natura dei colori adatti per ripristinare la continuità cromatica sar anno: tempere di calce, colori ad acquarello, pigmenti in polvere stemperati con acqua e legati con caseinato di ammonio in soluzione al 4%.
La selezione della tecnica da utilizzare per ripristinare la lacuna si legherà al tipo di mancanza ovvero: per z one ampie si potrà utilizzare l'astrazione cromatica, per lacune interpretabili si potrà ricorrere alla selezione cromatica, per cadute di colore di limitate dimensioni alla tecnica del tratteggio.

**1. Astrazione cromatica**
Questa tecnica di integrazione risulterà particolarmente adatta nei casi in cui l'estensione consistente della lac una non consentirà di dedurre e, quindi realizzare, il collegamento formale della mancanza al dipinto. Le ton alità dei colori (generalmente quattro: giallo, rosso, blu o verde e nero) da utilizzare dovranno essere dedott e dall'analisi delle tonalità predominanti sulla superficie dipinta. L'applicazione dei colori dovrà essere tale d a consentirne sempre la loro identificazione, per questo le pennellate dovranno essere stese sfalsate e intrecci ate tra loro e applicate con la punta del pennello. La prima stesura di colore (giallo) applicato con piccole pe nnellate verticali, dovrà essere molto fitta in modo da riuscire a coprire il bianco della stuccatura; il secondo c olore (rosso) dovrà essere steso sovrapposto al primo in maniera inclinata; si procederà allo stesso modo con i l terzo colore (verde o blu) e il quarto colore (nero).

**2. Selezione cromatica**
Questa tecnica risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di ripristinare lacune pittoriche di limitate dimensioni per cui sarà possibile ripristinare la parte mancante tramite un collegamento cromatico e figurativo realizzato con stesure successive di colore desunto dall'analisi delle cromie originali presenti ai bordi della lac una. Perché ciò sia fattibile sarà necessario ricavare le componenti che caratterizzano il colore, così da poter ricostruire l'effetto tramite una serie di stesure alternate. L'applicazione di tale tecnica prevedrà l'applicazion e alternata del colore partendo da quello più chiaro verso il più scuro per sovrapposizione, facendo attenzion e a non coprire totalmente il colore già steso e realizzando piccoli tratti netti tracciati seguendo l'orientament o delle pennellate originali utilizzando pennelli sottili non eccessivamente caricati di colore sulla punta.

**3. Tecnica del tratteggio**
L'integrazione delle lacune pittoriche mediante questa tecnica prevedrà il ripristino delle parti pittoriche perd ute realizzando un tratteggio (utilizzando colori ad acquarello) sottile e visibile grazie al quale risulterà possi bile, ove richiesto, collegare figurativamente il nuovo all'originale. Potrà essere opportuno, prima di proceder e all'applicazione della tecnica, stendere sulla superficie una velatura di colore uniforme in modo da creare u na base cromatica di supporto all'integrazione. I tratti dovranno essere realizzati (orizzontali, verticali od obli qui) in relazione alle forme e ai piani limitrofi alla lacuna e dovranno essere eseguiti con la punta del pennell o facendo attenzione a non caricarlo eccessivamente sulla punta, in modo da poter evitare colature di colore; a tale scopo potrà essere opportuno, prima di eseguire il tratto, passare il pennello carico di colore su di una superficie assorbente.

***Art. 31.2 – Operazioni di Integrazione, stuccatura materiali lignei***
La procedura prevedrà il riempimento di fori, fessure ed altre soluzioni di continuità d'elementi lignei apparte nenti sia ad unità strutturali (travi, arcarecci, travicelli ecc.) sia a serramenti o elementi secondari (portoni, fine stre, scalini ecc.) con stucco steso a spatola e composto con impasti diversi.
Previe eventuali operazioni preliminari di pulitura da eseguire secondo le prescrizioni di progetto (sverniciatur a con aria calda, pulitura manuale ecc.) la procedura prevedrà la spolveratura, con un pennello morbido, del la fessura e il successivo trattamento con tampone imbevuto d'alcool denaturato al fine di eliminare veloceme nte l'umidità così da favorire l'adesione dell'impasto prescelto. Passato il tempo necessario (di norma fino ad esaurimento dell'odore di alcool) affinché il supporto sia asciutto, si passerà a riempire il vuoto con lo stucco. Questa operazione potrà avvenire con l'ausilio di piccole spatole o bacchette (od altri strumenti ritenuti idone i) premendo bene e passando più volte in tutte le direzioni, in modo da avere la certezza di una perfetta ottu razione del foro. Generalmente lo stucco tenderà, se pur in minima parte, a ritirarsi durante l'essiccazione, pe rtanto si rivelerà utile applicare una quantità sovrabbondante o, più correttamente, ripetere l'operazione dop o l'essiccazione della parte più profonda. In seguito, dopo l'essiccazione dello strato superficiale di stucco, co munque entro le 12 ore successive, si potrà procedere alla carteggiatura manuale con grana media (120-18 0) al fine di eliminare l'eccesso di prodotto. Per agevolare la completa essiccazione dell'impasto si potrà tratt are la superficie d'intervento con tampone imbevuto d'alcool denaturato. L'operazione di levigatura finale po trà essere facilitata regolando la percentuale del legante degli impasti in modo da avere uno stucco resistent e ma allo stesso tempo carteggiabile. Nel caso d'interventi rivolti alla "ricostruzione" di spigoli o porzioni vive, sarà vantaggioso mettere in opera uno stucco più denso con l'aggiunta di colla di coniglio.
Le ricette per confezionare stucchi sono svariate in ragione del tipo di legno e della fessurazione da riempire, in linea generale, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si potrà utilizzare un impasto c omposto da un legante inorganico da scegliere tra gesso, colla animale (ad es. di coniglio), cera d'api o da u n legante organico (polimero sintetico come, ad es. le resine acriliche) e da un inerte (con funzione di antiritiro e di colorante) costituito da polvere di legno o microfibre. All'interno di questo impasto potranno essere inserit i, in percentuali non superiori al 5%, eventuali pigmenti al fine di avvicinare la tonalità cromatica originale. In alternativa a questo impasto si potrà utilizzare uno stucco a base di gommalacca e cera d'api vergine; dovra nno essere fuse delle scaglie di gommalacca regolandone la densità con la cera (un eccesso di gomma lacca potrà causare un effetto perlato sulla superficie trattata) al fine di formare delle bacchette sottili e abbastan za consistenti che dovranno essere scaldate e fatte colare all'interno della fessura con l'aiuto di piccole spatol e prescaldate.
Nel caso di stuccature d'elementi strutturali si potranno utilizzare leganti a base di polimeri sintetici (le resine più utilizzate sono quelle epossidiche o poliuretaniche in ragione del tipo di stuccatura da eseguire) opportun amente caricati con polvere di segatura o fillers allo scopo di migliorare la resistenza a compressione e ridurr e il volume di resina impiegato, così da contenere lo sviluppo di calore al momento della reazione esotermica. L'impasto dovrà avere una consistenza tissotropica e sarà applicato per eventuali strati successivi con spatola (tempo di presa a 23 °C ca. 6-8 h, tempo d'indurimento completo ca. 5-7 giorni). Le resine utilizzate dovrann o essere compatibili con il legno, pertanto dovranno presentare un'elasticità tale da sostenere variazioni dime nsionali imposte dagli sbalzi termici e modulo elastico similare a quello del legno (ca. 3000 N/mm²).

Nel caso in cui le dimensioni delle lacune saranno tali da non rendere conveniente operare delle stuccature si dovrà intervenire attraverso la procedura della tasselatura.

## Art. 32. Consolidamenti

**Premessa metodologica**
Gli interventi di consolidamento operati sui materiali lapidei devono essere mossi dalla volontà di ristabilire u na continuità, alterata a causa dei diversi fenomeni di degrado tra la parte esterna del materiale e quella pi ù interna, in modo da poter garantire una coesione materica capace di eliminare le differenze fisico-meccanic he che si sono generate tra i vari strati. Le operazione di consolidamento devono, infatti, assicurare l'adesione del materiale danneggiato a quello sano in modo da ristabilire un equilibrio strutturale capace di assicurare un comportamento solidale nei confronti delle diverse sollecitazioni e, allo stesso tempo, permettere di fronteg giare le condizioni al contorno; il fine è quello di ripristinare la resistenza meccanica originale del materiale s ano, evitando, per questo, interventi eccessivi che potrebbero alterare la costituzione intrinseca della struttura con effetti, a lungo termine, difficilmente prevedibili.
L'intervento di consolidamento di un apparecchio murario risulta particolarmente complesso poiché, la sua real e efficacia è relazionata alla conoscenza di diversi fattori tra i quali: la natura dei materiali, i cambiamenti ri conducibili al naturale invecchiamento della struttura, le diverse patologie di degrado compresenti, lo stato co nservativo e le sollecitazioni in atto. Definito il quadro conoscitivo della struttura è importante stabilire se è re almente possibile eliminare le cause che hanno provocato le patologie degeneranti; contrariamente l'intervent o di consolidamento non potrà essere considerato risolutivo e duraturo nel tempo. L'analisi puntuale della strut tura deve servire al fine di evitare operazioni generalizzate a tutta la superficie; alle diverse problematiche riscontrate deve corrispondere un intervento specifico opportunamente testato, prima della messa in opera, su appositi provini campioni in *situ* al fine di comprovarne la reale efficacia e, allo stesso tempo, rilevare l'event uale insorgenza di effetti collaterali.
L'operazione di consolidamento dei materiali lapidei si concretizza impregnando il materiale in profondità, al fine di evitare la formazione di uno strato superficiale resistente sovrapposto ad uno degradato, con sostanze di varia natura (organiche e/o inorganiche) applicate utilizzando diversi strumenti a seconda dei casi specifici (pennelli, spatole, impacchi, siringhe ecc.); la riuscita dell'intervento dipende sia dalla sostanza utilizzata sia d alla sua corretta modalità di applicazione. È opportuno ricordare che la sostanza consolidante deve essere co mpatibile con la natura del materiale per modulo di elasticità e di dilatazione termica così da non creare trau mi interni alla struttura, inoltre deve essere in grado di ostacolare l'aggressione degli agenti patogeni. Il mate riale introdotto non deve saturare completamente i pori così da non alterare i valori di permeabilità al vapor e propri del materiale.
È buona norma inserire all'interno dei programmi di manutenzione, postumi all'intervento di conservazione, dei controlli periodici mirati alla verifica dell'effettiva validità delle operazioni di consolidamento in moda da pot er realizzare il monitoraggio nel tempo e testarne il comportamento.
Art. 6.1 – Operazioni di consolidamento di materiali lapidei
Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a sec co, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

**Generalità**
Le procedure di consolidamento risultano essere sempre operazioni particolarmente delicate, e come tali, nec essitano di un attenta analisi dello stato di fatto sia dal punto di vista della conservazione dei materiali sia de l quadro fessurativo, così da poter comprendere a fondo e nello specifico la natura del supporto e le cause in nescanti le patologie di degrado; in riferimento a queste analisi si effettuerà la scelta dei prodotti e delle me todologie di intervento più idonee; ogni operazione di consolidamento dovrà essere puntuale, mai generalizz ata; sarà fatto divieto di effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, utilizzare prod otti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-interv ento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichet tato; sull'etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'i mpasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzati, le m odalità ed i tempi di applicazione.
Ad operazione eseguita dovrà, sempre, essere verificata l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo (operazioni che potranno essere inserite nei programmi di manuten zione periodica post-intervento). I consolidamenti che si potranno realizzare sono diversi:
– **consolidamento coesivo**, il prodotto consolidante verrà applicato localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale (consolidamento corticale) per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli str ati sani sottostanti: l'obiettivo che si porrà sarà di ristabilire con un nuovo prodotto il legante degradato o sco mparso. Le sostanze consolidanti potranno essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti nel materiale (con

solidanti inorganici o a base di silicio), oppure sostanze sintetiche (consolidanti organici) estranee alla composi zione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche; di norma si reali zzerà con impregnazione fino al rifiuto;
– **consolidamento adesivo**, con questo termine s'intenderà un'operazione di "rincollaggio" di rivestimenti dist accati dal loro supporto originale come, ad esempio, un frammento di pietra o uno strato di intonaco per i qu ali si renderà necessario ristabilire la continuità fra supporto e rivestimento. Questo tipo di consolidamento av verrà tramite iniezioni di malte fluide o resine acriliche in emulsione ovvero, con ponti di pasta adesiva a base di calce idraulica o resina epossidica. Sarà obbligatorio verificare, anche sommariamente, il volume del vuoto da riempire al fine di scegliere la giusta "miscela" da iniettare. Cavità piuttosto ampie dovranno essere riemp ite con malte dense e corpose; al contrario, modeste cavità necessiteranno di betoncini più fluidi con inerti piut tosto fini.

**1. Fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati (mediante perni)**
La procedura ha come obiettivo quello di far riaderire parti in pietra staccate o in fase distacco mediante ido nei adesivi sia a base di leganti aerei ed idraulici (calci) sia leganti polimerici (soprattutto resine epossidiche). Si ricorrerà a questa procedura allorché si dovranno incollare, o meglio far riaderire, piccole scaglie di mater iale, porzioni più consistenti, riempire dei vuoti o tasche associate a un distacco di strati paralleli alla superfici e esterna della pietra (dovuti, ad es. a forti variazioni termiche). La procedura applicativa varierà in ragione dello specifico materiale di cui sarà costituito l'elemento da incollare, dei tipi di frattura che questo presenter à e che occorrerà ridurre e dei vuoti che sarà necessario colmare affinché l'operazione risulti efficace.
Nel caso di interventi su manufatti e superfici particolarmente fragili e degradate e su frammenti molto piccoli, l'adesivo dovrà presentare una densità e un modulo elastico il più possibile simile a quello del o dei materiali da incollare, in modo tale che la sua presenza non crei tensioni tra le parti; per la riadesione di pellicole pitto riche, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, sarà opportuno utilizzare un'emulsione acril ica (tipo *Primal*) al 2-3% diluita in alcool incolore stesa a pennello a setola morbida.
Allorché si dovranno riaderire dei frammenti o porzioni più consistenti, sarà preferibile inserire adeguati siste mi di supporto costituiti da perni in acciaio inossidabile AISI 316L (minimo ⌴ 4 mm), in titanio o, se l'incollagg io interesserà parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. La procedura o perativa seguirà quella descritta nell'articolo sulle stuccature degli elementi lapidei.
In alternativa alla malta di calce idraulica, per il fissaggio e la riadesione di parti più consistenti si potranno u tilizzare modeste porzioni di resina epossidica (bicomponente ed esente da solventi) in pasta stesa con l'ausili o di piccole spatole ed eventualmente, se indicato dagli elaborati di progetto, caricate con aggregati tipo ca rbonato di calcio o sabbie silicee o di quarzo, al fine di conferire maggiore consistenza alla pasta e consentir e il raggiungimento degli spessori previsti. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sost anze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovrann o essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 3 0% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%.
In ogni caso si ricorrerà ad un impasto d'adeguata tissotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e carat teristiche degli elementi da far riaderire. Durante la fase di indurimento dell'adesivo sarà necessario predisp orre dei dispositivi di presidio temporaneo costituiti, a seconda delle dimensioni del frammento, da carta giap ponese, nastro di carta, morsetti di legno ecc. facendo attenzione a non danneggiare in alcun modo il manufa tto.
Al fine di coprire gli eventuali ponti di resina epossidica, stesi per il consolidamento, si potrà utilizzare un beto ncino elastico del colore simile al supporto originario, ottenuto dall'impasto fra polvere della stessa pietra e d a un legante fluorurato al 10% in acetone. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato da gli elaborati di progetto, avverrà amalgamando una parte in peso di prodotto con 0,75 parti d'inerte della s tessa granulometria e colore dell'originale (in alternativa si potrà utilizzare sabbia silicea con granulometria t ra 0,10-1,5 mm e aiutare il colore con pigmenti in polvere) mescolando bene fino ad ottenere una consistenza simile ad una malta. Sarà consigliabile non preparare grandi quantità di stucco al fine di evitare la presa pri ma della completa messa in opera, sarà, inoltre, consigliabile non eseguire alcun intervento sulla stuccatura pr ima di un'ora dalla stesura dello stucco. Il prodotto sarà completamente reversibile tramite acetone.
*Specifiche sui materiali:* Gli adesivi epossidici (ovvero resine utilizzate come leganti per ricongiungere framme nti distaccati), normalmente utilizzabili, saranno liquidi con indurente a lenta o a rapida reattività (da utilizzar e per consolidamenti o più spesso per intasamento delle fessure o per imperniature) o in pasta lavorabili con i ndurente a lenta o a rapida reattività (per stuccature, ponti di adesione, piccole ricostruzioni e fissaggio pern i); in questo secondo caso si provvederà ad intervenire, in fase di formulazione, aggiungendo additivi tissotro pizzanti. Di norma questi adesivi saranno totalmente esenti da solventi, non subiranno ritiro durante l'indurime nto e grazie alla loro natura tixotropica potranno essere facilmente applicabili anche su superfici verticali in c onsistenti spessori.

Resine poliestere derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi-basici insaturi o loro anidridi. Prima dell'indurimento potranno essere impastati con fibre di vetro o sintetiche, così da migliorare la resistenza dei prodotti finali. Come riempitivi possono essere usati polveri di varia granulometria di calcari, g esso, o sabbie. La resistenza a raggi solari e UV è abbastanza bassa, specialmente per prodotti reticolari co n monomeri aromatici, mentre la resistenza meccanica e le proprietà adesive sono abbastanza buone. La resi na potrà presentare un certo ritiro del volume (sino ad 8-10%) che la rende non proprio adatta per riempire le fessure del materiale lapideo, al contrario potranno essere utilizzate come collanti per congiungimenti o fiss aggio di perni, barre filettate, tiranti ecc. anche se sarà necessario evitare che la resina raggiunga la superfi cie estrema poiché per esposizione alla luce darebbe marcate variazioni di colore. Orientativamente il pot lif e a 20 °C sarà di circa 5-7 minuti e il tempo di fissaggio intorno ai 40-60 minuti.
Copolimeri florurati, legante incolore elastomerico per stuccature, dotato di notevole elasticità alle dilatazioni, isola in maniera efficace la fessura o rottura da stuccare. L'elevata inerzia chimica anche verso aggressivi mo lto energici, la stabilità termica ed alla radiazioni, oltre alla permeabilità all'aria e alla reversibilità in aceto ne anidro, lo rendono particolarmente adatto su supporti lapidei.

**2. Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici**
La procedura di impregnazione può essere eseguita su manufatti in pietra, intonaco, laterizio e legno allorché si renda necessario garantire il consolidamento non solo corticale ma anche in profondità. Questa procedura s i basa sul principio fisico della capillarità, ovverosia la capacità dei fluidi in genere (i liquidi in particolare), d i riuscire a penetrare naturalmente per adesione dentro lo spazio tra due superfici molto vicine di una cavità. Grazie all'impiego di sostanze organiche, che penetreranno all'interno del manufatto, si potranno ristabilire o migliorare sia le proprietà fisiche (riduzione della porosità e aumento della coesione) sia meccaniche (increme nto della resistenza a compressione) dei materiali trattati. Il consolidante entrerà all'interno del manufatto, in una prima fase, per capillarità e solo in un secondo tempo si distribuirà per diffusione; al fine di permettere q uesta seconda fase che, sovente, si sviluppa molto lentamente è opportuno che il prodotto scelto non polimeriz zi troppo velocemente così da poter riuscire a diffondersi in maniera uniforme nel manufatto. I parametri da v alutare prima di iniziare la procedura sono:
– viscosità del fluido consolidante;
– diametro dei pori e dei capillari e loro distribuzione all'interno dell'elemento da trattare;
– bagnabilità del materiale.
La procedura d'intervento varierà in ragione del consolidante indicato dagli elaborati di progetto (silicato di etile, resine acriliche in dispersione o in soluzione, fluoroelastomeri ecc.) in ogni caso saranno necessarie alcun e operazioni preliminari comuni a tutti i trattamenti. Prima di iniziare il trattamento sarà opportuno eseguire d elle campionature al fine di valutare la quantità di consolidante (percentuale di diluizione e scelta del solvent e), la riuscita della procedura e la reale penetrazione di impregnazione; inoltre dovranno essere predisposte opportune protezioni sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante.
Qualsiasi trattamento consolidante prescelto dovrà essere applicato su superficie perfettamente pulita e sgra ssata (in modo da evitare che depositi superficiali impediscano la penetrazione) così come, in presenza di sca glie in fase di distacco o superfici particolarmente decoese, sarà indispensabile effettuare un preconsolidame nto al fine di evitare che l'eventuale passaggio ripetuto del pennello possa rimuovere tali frammenti.
La procedura di consolidamento per impregnazione dovrà essere ripetuta più volte (in genere non più di 5 pa ssaggi) fino ad ottenere la saturazione dell'elemento (fino "a rifiuto") in ragione sia del fluido prescelto sia, s oprattutto, della porosità del materiale oggetto di intervento. La scarsa penetrabilità dei materiali poco poro si dovrà essere ovviata con passaggi alternati di soluzione diluita e nebulizzazione di solvente puro (in tal mo do si faciliterà l'ingresso della soluzione consolidante e, nello stesso tempo, si ridurrà al minimo l'effetto bagn ato) oppure ricorrendo all'impiego di soluzioni particolarmente diluite, aumentando gradualmente la concentr azione nelle ultime mani. La procedura dovrà, comunque, essere operata per zone limitate e non simultaneam ente su tutta la superficie al fine di agevolare la fuoriuscita dell'aria dall'interno dei fori e dalle discontinuità presenti nel manufatto così da migliorare la penetrazione e la distribuzione interna del consolidante.
*Specifiche sui materiali:* Tra i materiali consolidanti utilizzabili con questa tecnica il silicato di etile (si veda l'art icolo specifico), le resine acriliche (in emulsione o in soluzione), le resine acrilico-siliconiche, le emulsioni acquos e di silicato di potassio e i silossani oligomerici in solventi organici sono i prodotti più versatili e di conseguenz a più comunemente utilizzabili. La scelta, in ogni caso, dovrà essere fatta in ragione delle problematiche e del materiale riscontrato.
I prodotti impregnanti da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od a rcheologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti car atteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:
a) elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
b) resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;

c) spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottopr odotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);
d) capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;
e) penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;
f) "pot-life" sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
g) perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
h) spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto;
i) presentare un coefficiente di dilatazione termica simile a quello del materiale da consolidare al fine di evit are fenomeni di fessurazione che costituirebbero vie preferenziali per l'ingresso dell'acqua e di possibili dista cchi.

**2.1. Consolidamento mediante impregnazione a pennello, tampone o rullo**
Di norma è la tecnica più usuale per eseguire il consolidamento per impregnazione; ci si servirà di pennelli a s etola morbida di medie dimensioni, rulli, o tamponi (in questo caso gli stracci o i tamponi saturi di prodotto do vranno essere mantenuti in contatto prolungato al fine di assicurare l'assorbimento nella superficie). L'applicaz ione dovrà procedere dall'alto verso il basso per settori omogenei con uso di addetti in numero appropriato alla natura e alla tipologia del manufatto; tra una mano e l'altra il prodotto non dovrà essere lasciato asciug are. Sarà opportuno che gli attrezzi (pennelli, rulli o tamponi) siano sempre ben puliti (sarà, pertanto, consigli abile lavarli spesso) e il consolidante non sia "contaminato" d'eventuali residui rimasti sul pennello o rullo da tr attamenti operati su aree limitrofe. Nel caso di consolidamenti di superfici lapidee particolarmente disgregat e ed esfoliate (specialmente su pietre arenarie come ad es. pietra serena, pietra forte ecc.) o pellicole pittori che in fase di distacco, l'impregnazione risulterà più efficace se eseguita "attraverso" una velatura provvisori a della zona da trattare utilizzando fogli di carta giapponese, precedentemente fissata con resina acrilica in soluzione (ad es. al 10-20% p/v, in solvente volatile come acetone o diluente nitro).

**2.2. Consolidamento mediante impregnazione a spruzzo**
Questa tecnica di norma verrà eseguita con l'utilizzo di specifiche apparecchiature in grado di nebulizzare il l iquido messo in pressione da una pompa oleo-pneumatica (massimo 0,5 bar) o più semplicemente a mano; qu esto trattamento potrà essere migliorato realizzando intorno alla parte da trattare uno spazio chiuso mediant e fogli di polietilene resistente ai solventi e continuando la nebulizzazione anche per giorni. La sola applicazi one a spruzzo sarà sufficiente se il materiale risulterà essere poco poroso ed il degrado interesserà uno spess ore di pochi millimetri (degrado corticale); nel caso di interventi su lapidei porosi, dove si renderà necessaria una penetrazione maggiore, sarà preferibile utilizzare pennelli o applicazioni per percolazione (per maggior i dettagli si rimanda agli articoli specifici). In zone particolarmente degradate o su pellicole pittoriche in fase di distacco sarà necessario, dopo un primo trattamento a spruzzo, applicare (mediante emulsione acquosa di alcool polivinilico o resina acrilica in soluzione al 20% in diluente nitro) dei fogli di carta giapponese: a super ficie asciutta si applicherà una nuova mano di consolidamento a pennello morbido. Dopo che il solvente sarà t otalmente evaporato si rimuoveranno i fogli mediante tampone inumidito con acqua.
L'interfaccia da trattare dovrà essere pulita e ben asciutta al fine di assicurare l'assenza di reazioni secondar ie e buona penetrazione del prodotto. La nebulizzazione consolidante (⌊ area coperta dal getto 25-30 cm) sul manufatto dovrà essere ripetuta più volte (senza lasciare asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra) fi no a completa saturazione del manufatto, distribuita uniformemente per aree omogenee partendo dalle parti più elevate per poi scendere a quelle più basse; contemporaneamente si dovrà aver cura di rimuovere event uali sbavature od eccessi di consolidante mediante tampone imbevuto di solvente od acqua a seconda del pr odotto utilizzato. Questo metodo risulterà idoneo solo in condizioni favorevoli di temperatura (+10 °C +25 ° C) con prodotti (ad es. silicato di etile) in diluizione molto alta al fine di migliorare l'assorbimento. Per miglior are la penetrazione del consolidante dato a spruzzo si potrà ricorrere all'applicazione, da effettuarsi posteri ormente al trattamento, di almeno tre mani di solvente puro.

**2.3. Consolidamento mediante impregnazione a tasca o ad impacco**
La procedura rientrerà in quelle "a contatto diretto" e si baserà sul principio della capillarità. Questo metodo verrà utilizzato per l'impregnazione di particolari come decori, cornici, capitelli lavorati ecc. particolarmente degradati che presenteranno la necessità di essere tenuti a contatto, per un determinato periodo, con la sosta nza consolidante. I fattori che regolano il processo sono la tensione superficiale, la viscosità del prodotto e la bagnabilità del materiale da trattare. La procedura prevedrà la messa in opera, intorno alla zona da trattar e, di una tasca chiusa con particolari guarnizioni in poliuretano, così da renderla stagna; nella parte inferiore verrà posizionata una piccola "gronda impermeabilizzata" allo scopo di recuperare il prodotto consolidante i n eccesso. La zona da consolidare verrà ricoperta da strati di materiale bagnante (ad es. cotone idrofilo, cart a giapponese ecc.) che verranno alimentati, dall'alto e molto lentamente, dalla soluzione consolidante e coper ti da teli di polietilene, allo scopo di ridurre l'eventuale troppo rapida evaporazione del solvente. L'operazio ne di distribuzione dovrà essere interrotta quando la quantità di prodotto immesso dall'alto sarà uguale a qu

ella del prodotto recuperato dal basso. Il distributore potrà essere costituito da un tubo o da un canaletto mu nito di tanti piccoli fori o da una serie di spruzzatori che creeranno il fronte di consolidante discendente. L'ecc esso di prodotto sarà raccolto nella grondaia, e rimesso in circolo; per la buona riuscita di questo metodo sar à necessario assicurarsi che il materiale assorbente sia sempre perfettamente in contatto con la superficie inte ressata. Ad assorbimento avvenuto (in genere 8-10 ore) le tasche saranno rimosse e il manufatto dovrà esser e ricoperto con cellofan al fine di isolarlo dall'atmosfera per almeno 10-12 giorni. Dal momento che aumenta ndo la superficie da trattare aumenterà anche la quantità di consolidante e di conseguenza il peso, sarà opp ortuno, onde evitare costose operazioni di presidio, procedere per settori di dimensioni limitate, migliorando i n questo modo il controllo della procedura.

**2.4. Consolidamento mediante impregnazione a percolazione**

Metodo "a contatto diretto" molto simile a quello a tasca, ma più semplice: un distributore, collocato nella par te superiore della superficie da trattare, erogherà il prodotto per gravità impregnando la superficie da tratt are per capillarità. La quantità del trattamento in uscita dall'impianto dovrà essere calibrata dalla valvola di Offman localizzata nella parte terminale del tubo di distribuzione (seguendo le indicazioni di progetto) in mo do tale da assicurare un lento e continuo assorbimento evitando eccessi di formulato tali da coinvolgere aree non interessate. Anche in questo caso il distributore potrà essere costituito da un tubicino in plastica o da un ca naletto forato munito, nella parte inferiore, di un pettine, tamponi di cotone o di una serie di pennellesse con f unzione di distributore.

L'eccesso di prodotto sarà raccolto in una sorta di grondaia e rimesso in circolo; a trattamento terminato dovr anno essere eliminati gli eccessi di consolidante utilizzando un idoneo solvente o, nel caso in cui il progetto pre veda l'utilizzo d'emulsioni acquose, la superficie dovrà essere lavata con spugne assorbenti ed acqua deioniz zata. Questa operazione si renderà sempre necessaria al fine di evitare la formazione di patine superficiali c he potrebbero ridurre la permeabilità al vapore del manufatto e conferire, all'interfaccia un effetto perlante innaturale (effetto bagnato) e/o il generarsi di locali sbiancamenti.

I tempi d'impregnazione varieranno secondo le dimensioni e il materiale del manufatto; al fine di accelerare t ale processo si potrà ricorrere a trattare preventivamente il supporto con nebulizzazione di solvente puro (cos ì che possa penetrare con facilità sfruttando la bassa viscosità) e, solo in seguito, applicare il fluido consolida nte che, trovando una via di accesso più agevole, potrà distribuirsi in modo più diffuso.

**3. Consolidamento (riaggregazione) mediante silicato di etile**

Un buon consolidante per laterizi decoesi o pietre arenarie e silicatiche, da applicare su superfici assolutamen te asciutte, è il silicato di etile composto da esteri etilici dell'acido silicico: monocomponente fluido, incolore, a bassa viscosità, si applicherà in solvente organico (ad es. metil etil chetone), in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test d a eseguirsi su superfici campione; questi test serviranno, inoltre, da spia per determinare l'eventuale alterazio ne dell'opacità della pietra e della sua tonalità durante e subito dopo il trattamento. In linea generale si potr à utilizzare una quantità pari a 500-600 g/m² per il consolidamento di apparecchi in cotto e 300-400 g/m² per superfici intonacate con malta di calce.

Il silicato di etile, precipitando a seguito di una reazione spontanea con l'umidità atmosferica, libererà, come sottoprodotto, alcool etilico che evaporerà con i solventi impiegati nella soluzione, pertanto l'uso di questo con solidante, presenterà il vantaggio di far sì che, nella pietra trattata, oltre all'acido silicico non rimangano altr e sostanze che potrebbero in qualche forma (ad esempio efflorescenze) danneggiare l'aspetto e soprattutto l e caratteristiche del materiale lapideo consolidato; la reazione si completerà nell'arco di 2 o 3 settimane in r agione delle condizioni atmosferiche, della porosità del materiale, della sua natura e struttura chimica ecc. Il t rattamento potrà essere eseguito a pennello, a spruzzo mediante irroratori a bassa pressione (massimo 0,5 b ar), per percolazione, a tampone mediante spugne (nel caso di manufatti modellati tipo le volute dei capitelli) o per immersione (esclusivamente per piccoli manufatti mobili); la superficie da trattare andrà completamente saturata "sino a rifiuto", evitando però eventuali accumuli di prodotto sulla superficie; nel caso in cui dopo il tr attamento il supporto rimanesse bagnato o si presentassero raccolte in insenature si dovrà procedere a rimuo vere l'eccedenza con l'ausilio di tamponi asciutti o inumiditi con acetone o diluente nitro. Solitamente sarà suffi ciente un solo ciclo di applicazione, ma se sarà necessario e solo dietro specifica autorizzazione della D.L., sar à possibile ripetere il trattamento dopo 2 o 3 settimane. Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistent e agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti e presenterà il v antaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, tufi, trachiti, ma anch e su altri materiali artificiali quali mattoni in laterizio, terracotte, intonaci, stucchi; risultati positivi potranno ess ere ottenuti anche su materiali calcarei (ad es. pietra leccese, pietra di Vicenza ecc.). Tale prodotto non risult a idoneo per il trattamento consolidante di superfici in gesso o di pietre gessose.

La natura chimica dei silicati sarà tale per cui potranno esercitare soltanto un'azione consolidante, ma non avr anno alcun effetto protettivo nei riguardi dell'acqua, pertanto, al trattamento di superfici esterne con un silicat

o, generalmente, si dovrà far seguire l'applicazione di una sostanza idrorepellente, salvaguardando le caratt eristiche di traspirabilità e di permeabilità al vapore acqueo dei materiali lapidei, garantendo la conservazi one nel tempo, nel rispetto della loro fisicità (per maggiori dettagli sulle procedure di protezione si rimanda agli articoli specifici).
*Avvertenze:* Si rivelerà di fondamentale importanza non esporre le superfici da trattare all'irraggiamento del sole né procedere all'applicazione su superfici riscaldate dai raggi solari; sarà pertanto cura degli operatori proteggere le superfici mediante opportune tende parasole; l'impregnazione con silicato di etile sarà, inoltre, da evitare (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui il materiale da trattar e non sia assorbente, in presenza di temperatura troppo alta (>25 °C) o troppo bassa (< 10 °C), con U.R. no n superiore al 70% o se il manufatto trattato risulti esposto a pioggia nelle quattro settimane successive al tra ttamento; pertanto in caso di intervento su superfici esterne, si renderà necessaria la messa in opera di appro priate barriere protettive. Indicativamente per una soluzione contenente il 60% in peso di estere etilico dell'a cido silicico su supporti in medio stato di conservazione si potranno effettuare i seguenti consumi al metro qua drato: intonaco da 0,3 a 0,5 l/m²; pietre porose e tufi da 0,5 a 2,5 l/m²; laterizi da 0,6 a 3,0 l/m²; pietre a renarie da 0,8 a 3,5 l/m².

**4. Sigillatura materiali lapidei (mediante resine sintetiche)**
La procedura prevedrà l'esecuzione di stuccature delle soluzioni di continuità mediante intasamento eseguito c on iniezione, colatura o spatola in profondità di miscela adesiva costituita da polimeri sintetici acrilici in soluzi one, o in emulsione, caricata con carbonato di calcio o polvere di pietra macinata (in alternativa si potranno u tilizzare polveri di cocciopesto o cariche pozzolaniche); le resine acriliche non potranno, causa la loro natura t ermoplastica, essere impiegate come adesivi strutturali, pertanto se si rendesse necessario effettuare una sigill atura con tale caratteristica sarà opportuno ricorrere ad un adesivo epossidico bicomponente (componente A = resina, componente B = indurente; i più utilizzati sono indurenti che reagiscono a temperatura ambiente co me gli amminici o ammidici, il rapporto tra A e B sarà variabile da 1:1 a 1:4) esente da solventi, dietro specif ica indicazione di progetto, il composto potrà essere caricato con sabbia silicea (granulometria massima 0,3 mm), filler, quarzo. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tass o d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo d iverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da gr anuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%. Normalmente il composto di resina epossidica verrà preparato a piè d'opera e, a secon da del tipo di impasto (fluido, colabile, tissotropico), in relazione alle necessità di progetto, potrà essere appl icato a pennello con setole rigide, con iniettori, o con spatole, in ogni caso sotto scrupoloso controllo dal mome nto che presenta, generalmente, un limitato tempo pot-life. Nel caso in cui si prevedrà, invece, l'utilizzo di com posti a base di resina acrilica, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, si utilizzerà lattice acrilico aggiungendo al lattice non diluito una quantità adeguata di carbonato di calcio sino a rendere la mal tina estruibile.
La procedura prevedrà, dopo le opportune operazioni preliminari di pulitura, eventuale preconsolidamento d i parti particolarmente decoese o distaccate, la predisposizione di opportune protezioni (ad es. delimitazione con nastro di carta) sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare, in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante e l'esecuzione d'idonee campionature al fine di valutare la quantità e la tipologia del consolidante. Eseguite tutte queste operazioni si potrà procedere alla sigillatura in profondità d elle soluzioni di discontinuità mediante l'utilizzo di siringhe o piccole spatole secondo le dimensioni delle fessur azioni da sigillare e le specifiche di progetto, in ogni caso la resina dovrà penetrare fino a rifiuto nel vuoto d a colmare tra le facce e tra i frammenti destinati a combaciare nella nuova unione. Durante la procedura sar à opportuno che siano controllate eventuali vie di fuga che potrebbero far percolare il materiale intromesso (specialmente se verrà fatto uso di resine epossidiche), in tal caso si renderà necessaria l'immediata rimozione con spugne o tamponi umidi se si utilizzeranno maltine a legante acrilico, con acqua e detergenti idonei (ovve ro seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore della resina) se invece si utilizzeranno adesivi epos sidici. Una volta che sarà verificato "l'intasamento" della fessurazione si potrà passare alla realizzazione di st uccature di superficie, costituite da malte a base di leganti idraulici naturali a basso contenuto di sali, sabbie silicee vagliate e lavate (granulometria 0-1,2 mm), eventuali additivi polimerici, terre colorate o pietre macin ate, in ogni caso eseguite seguendo la procedura descritta nell'articolo sulle stuccature di materiali lapidei.
In alternativa si potranno effettuare delle stuccature invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da copolimeri florurati ovvero legante incolore elastomerico per stuccature e polvere della stessa pietra, utili anche a coprir e micro lesioni o fori di trapani (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo sul fissaggio e ri adesione d'elementi sconnessi e distaccati).
*Avvertenze:* Il rapporto di miscelazione tra resina ed indurente andrà accuratamente rispettato, gli errori di d osaggio tollerabili non dovranno essere superiori al ± 5%. La miscelazione dei componenti andrà eseguita pr eferibilmente con miscelatore meccanico e andrà prolungata fino a che non si sarà certi di aver ottenuto una perfetta omogeneità.

*Specifiche sui materiali:* Le resine epossidiche, prodotti termoindurenti (molecole tridimensionali) sono ottenute dalla formazione di catene con due tipi di molecole con un gamma illimitata di variazioni possibili (questa car atteristica fa sì che non esista un solo tipo di resina epossidica, ma svariati formulati epossidici che cambiano di volta in volta le proprie caratteristiche a seconda sia del rapporto resina-indurente sia degli eventuali add itivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.) e presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre so ttoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato pote re collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutt o agli alcali), resistono molto bene all'acqua ed ai solventi organici. I maggiori pregi delle resine epossidiche risiedono nelle loro elevate proprietà meccaniche (resistenze a compressione, a trazione, a flessione), nella pe rfetta adesione al supporto e nel ritiro molto limitato durante l'invecchiamento; gli svantaggi sono riconducibili alla difficoltà di penetrazione (dovuta all'elevata viscosità), alla bassa resistenza al calore ed ai raggi ultravi oletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).
Per le resine acriliche si rimanda alle specifiche dell'articolo sul consolidamento mediante impregnazione.
Per i copolimeri florurati si rimanda alle specifiche dell'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi.

**5. Riadesione di distacchi mediante iniezioni con miscele leganti**

La procedura sarà eseguita al fine di consolidare strati di intonaco, anche affrescato, distaccato dal supporto così da risarcire le eventuali lesioni e riempire le sacche perimetrali presenti tra il substrato e l'apparecchio r etrostante. Prima di procedere al consolidamento vero e proprio sarà necessario effettuare delle operazioni di "saggiatura" preventiva eseguite mediante leggera, ma accurata battitura manuale (tramite martelletto di gomma o semplicemente con le nocche della mano) sulla muratura, al fine di individuare con precisione sia le zone compatte sia delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distac co (zone gonfiate e formanti "sacche"). In alternativa potranno essere individuate le zone di distacco mediant e indagine termografica od altra indagine non distruttiva specificata dagli elaborati di progetto.
In assenza di piccole fessure, lacune o fori già presenti sulle superfici intonacate attraverso le quali operare l'i niezione, si eseguiranno delle perforazioni, tramite piccolo trapano a mano (se le condizioni di conservazione del materiale lo consentono si potrà usare trapano elettrico) ad esclusiva rotazione con una punta di circa 2-4 mm (in caso di microconsolidamento si potrà ricorrere all'utilizzo di punteruoli), rade nelle zone ben incollate e più ravvicinate in quelle distaccate; il numero dei fori sarà proporzionato all'entità del distacco ed indicato n egli elaborati di progetto (in assenza di indicazioni si potrà operare in ragione di 8-10 fori per $m^2$); in gener e la distanza tra loro sarà di circa 40-60 cm, mentre la loro localizzazione sarà tale da favorire il percolame nto della miscela da iniettare, pertanto sarà necessario iniziare la lavorazione a partire dalla quota più elev ata. In caso di distacco d'estensione limitata si potrà procedere all'esecuzione di un unico foro ed eventualme nte, di un secondo se necessario per la fuoriuscita dell'aria dalla sacca di distacco durante l'immissione del co nsolidante.
Dopo aver eseguito le perforazioni si renderà necessario aspirare, attraverso una pera di gomma, gli eventu ali detriti della foratura, le polveri e quanto altro possa ostacolare la corretta immissione e percolazione dell a miscela. In seguito si eseguirà una prima iniezione di acqua deionizzata ed alcool (5:1 in volume) con lo sco po di creare dei canali nella parte retrostante e di verificare allo stesso tempo l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire; in presenza di queste fessure si procederà alla lo ro puntuale stuccatura (che verrà rimossa a presa avvenuta) tramite malta "magra", a bassa resistenza mecca nica di ancoraggio al supporto, cotone idrofilo, lattice di gomma, argilla ecc.
In presenza di forti distacchi e di supporti in buono stato di conservazione, si potranno inserire nel foro piccole guarnizioni in gomma a perfetta tenuta opportunamente sigillate per impedire la fuoriuscita del prodotto.
Risultati soddisfacenti potranno essere raggiunti con miscele formate da 2 parti di calce aerea naturale a bas so peso specifico e 1 parte di metacaolino pozzolanico o cocciopesto superventilato e lavato (rapporto 1:1) c on l'aggiunta di una minima parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua (con funzione di fluidificant e). In alternativa si potrà ricorrere ad una miscela formata da 1 parte di grassello di calce (sostituibile parzia lmente o totalmente con calce idraulica naturale NHL 2) e 1 parte di carbonato di calcio (granulometria 0,02-0,06 mm); la miscela sarà diluita con percentuali del 5-10% di resina acrilica (con funzione di colloide protett ore ovverosia tenderà a trattenere l'acqua così da non far "bruciare" prematuramente la miscela iniettata) e d eventualmente additivata con gluconato di sodio (con funzione di fluidificante); nei casi di distacchi consisten ti, con una parte di cocciopesto vagliato e lavato o in alternativa pozzolana (granulometria massima 0,5 mm).
Per distacchi di lieve entità, fra strato e strato, con soluzioni di continuità dell'ordine di 0,5 mm, non essendo p ossibile iniettare miscele idrauliche si rileverà utile una micro-iniezione di 1 parte di resina acrilica in emulsion e acquosa in concentrazione variabile (comunque compresa tra l'8% e il 10%), caricata con 0,5-1 parte di ca rbonato di calcio o polvere di pomice (granulometria tra 0,02 mm e 0,06 mm) per rendere il composto più gr anuloso e facilitare l'aggrappaggio dello stesso al supporto da consolidare.
Un altro composto, utilizzabile in ambienti interni e per piccole cavità (spessore non superiore a 4-5 mm), sarà il caseato di calcio, ottenuto mescolando caseina lattica e grassello di calce; esistono due tipi di "ricette": la p rima (alla fiorentina) si comporrà di 1 parte di caseina, 4 parti di grassello di calce, 0,4 parti di resina acrilic

a in emulsione; la seconda (alla romana) sarà costituita da 1 parte di caseina (gonfiata nell'acqua), 9 parti di grassello di calce, 1/5 parte di dispersione acrilica (allo scopo di elasticizzare l'adesivo); questo composto pr esenterà sia ottime proprietà collanti sia ottima stabilità nel tempo, ma avrà l'inconveniente di avere tempi d'i ncollaggio molto lenti. Il caseato di calcio, dopo la presa, sarà fragile a trazione e resterà permeabile al vap ore acqueo, per questo potrà essere indicato utilizzarlo in ambienti asciutti.
Previa umidificazione del foro e della zona circostante con acqua pulita, si eseguiranno le iniezioni con una no rmale siringa di plastica (da 10 cc o 60 cc) procedendo attraverso i fori posti nella parte più bassa, per poi avanzare, una volta che la miscela sarà fuoriuscita dai fori limitrofi, verso quelli situati in alto (questo per evit are sia che squilibri di peso possano alterare l'eventuale precario equilibrio della struttura sia per favorire la distribuzione uniforme del consolidante); nel caso in cui la miscela non dovesse penetrare in profondità si pass erà al foro successivo. Ad infiltrazione del formulato avvenuta, passati circa 30-35 minuti, si procederà con il consolidamento di un'altra area di distacco.
Le iniezioni verranno eseguite o tramite la punta dell'ago metallico (per fori ed aree di modeste dimensioni o d in presenza di intonaci particolarmente degradati), o direttamente dal beccuccio della siringa nel foro di ac cesso attraverso una cannula precedentemente posizionata (in caso di sacche di maggiori dimensione ed esten sione), controllando e graduando la compressione dello stantuffo. Le miscele dovranno essere iniettate a bass a pressione poiché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione, alterando l'equilibrio del manufatto, potreb bero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica. Nel corso dell'operazione occorrerà stare attenti che il colante non fuoriesca da fori o linee di fratture limitrofe sulla superficie sottostante, nel caso questo succedess e si procederà all'immediata pulizia tramite spugnette ad alto potere assorbente (ad es. ritagli di gommapiu ma o spugnette tipo *Blitz Fix*). In caso di iniezione per mezzo di ago metallico sarà consigliabile tamponare il punto di innesto dell'ago con un batuffolo di cotone imbevuto di acqua distillata al fine sia di favorire la riad esione del supporto sia in modo da asportare l'eventuale prodotto in eccesso fuoriuscito dai fori. Per la riades ione di elevate superfici d'intonaco potrà rivelarsi utile una compressione della superficie in questione tramite una pressione regolare ed uniforme, sia durante il periodo di iniezione del consolidante, sia durante la presa; tale pressione potrà essere eseguita, a seconda dei casi, per mezzo di mani, molle, martinetti a vite montati s ull'impalcatura, tavolette di legno rivestite di feltro o carta per una durata variabile da qualche decina di mi nuti a 12-14 ore in ragione del tipo e della quantità di prodotto immesso.
Previo indurimento del consolidante (minimo 7 giorni) si rimuoveranno manualmente le stuccature provvisorie e le eventuali cannule in gomma e si sigilleranno i fori con stucco costituito da grassello di calce e polveri di mar mo (per maggiori dettagli sulla stuccatura si rimanda alla procedura specifica). Il collaudo si effettuerà media nte le stesse tecniche non distruttive utilizzate per individuare le zone di intervento.
*Specifiche sui materiali:* L'iniezione della sola emulsione acrilica dovrà essere evitata (se non dietro specifica in dicazione di progetto) in quanto potrebbe dar vita ad un corpo di plastica che riempirebbe la sacca ma non farebbe aderire le facce distaccate.
Anche l'iniezione di calci idrauliche potrà avere degli inconvenienti in quanto il calcio idrato potrebbe non car bonatare all'interno della muratura e migrare dentro di essa (a causa della sua parziale solubilità in acqua) provocando efflorescenze di calcio carbonato in superficie o, in presenza di solfati e alluminati, potrebbe rea gire dando vita a subefflorescenze quali thaumasite o ettringite.
*Specifiche sui materiali premiscelati:* La malta premiscelata per iniezione di consolidamento e riadesione di into naci dovrà presentare un ottima penetrabilità nelle murature senza aver bisogno della preliminare bagnatura dei supporti. L'impasto dovrà essere composto da calce idraulica naturale, chimicamente stabile e a bassissim o contenuto di sali solubili, inerti silicei (o in alternativa carbonato di calcio scelto e micronizzato), pozzolana s uperventilata (o in alternativa polvere di cocciopesto o metacaolino) e idonei additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Dopo aver impastato energicamente per qualche minuto il premiscelato con acqua demineralizzata s arà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di im pasto. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe con aghi di tipo veterinario (diametro di uscita superiore ai 2 mm). Le car atteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,02 kg/dm$^3$, lavorabilità 2 h, *bleending* ass ente, aderenza 0,8 N/mm$^2$, inizio presa a +20 °C 24 h, fine presa a +20 °C 48 h, resistenza a compressione a 28 giorni 6 N/mm$^2$, resistenza a flessione a 28 giorni 2 N/mm$^2$, modulo elastico 5000 N/mm$^2$, ritiro 0,7-1, 8 mm, ritenzione acqua superiore all'80%, permeabilità al vapore 6 μ.

**6. Consolidamento lastre lapidee da rivestimento (messa in sicurezza)**

**Generalità**
Prima di procedere ad un qualsiasi intervento di smontaggio e successivo consolidamento che potrebbe, se ma l effettuato, andare a peggiorare la situazione (per maggiori dettagli sulla procedura di smontaggio si riman da a quanto detto all'articolo specifico) sarà sempre conveniente preventivare un'accurata campagna diagno stica preliminare piuttosto approfondita volta a conoscere in maniera completa il manufatto oggetto di interv

ento, i materiali che lo compongono, la loro consistenza fisico-materica, le tecniche costruttive e di ancoraggio, le patologie in atto, le lesioni esistenti, le eventuali cause indirette di degrado, non sottovalutando mai la poss ibilità di consistenza di situazioni diversificate nell'ambito dello stesso apparecchio murario.
Non di rado la causa del dissesto del rivestimento lapideo potrà essere attribuita all'assenza di punti d'appo ggio distribuiti a varie quote, i quali permetterebbero di assorbire frazionatamente il peso delle lastre. Il par amento potrà, inoltre, essere ancorato alla muratura di supporto attraverso un'imbottitura posteriore complet a o parziale, eseguita con colatura di malta di calce, in questo caso con il passare del tempo, a causa della p erdita progressiva di adesività della malta alla struttura, le sollecitazioni delle lastre potrebbero diventare in sostenibili. In altri casi le strutture di sostegno utilizzate (per lo più zanche) potrebbero essere in ferro, materia le che, con il passare del tempo, potrebbe subire fenomeni di forte ossidazione e corrosione causando, sul riv estimento lapideo, l'ovvia perdita del sostegno (che non sarà più in grado di reggerlo), la generazione di sfor zi di trazione, causati dal maggior peso specifico degli ossidi e idrati di ferro nonché sgradevoli colature di r uggine che andranno a deturpare il pannello lapideo. Allo stesso tempo, nel caso in cui il manufatto avesse gi à subito un'operazione di manutenzione, potrebbe verificarsi il fenomeno opposto, ovverosia la presenza di u n numero elevato di tasselli potrebbe vincolare eccessivamente la struttura generando situazioni tensionali ins opportabili (per questo risulterà opportuno procedere alla loro eliminazione, progettando un nuovo e più ido neo sistema di ancoraggio). Raramente gli ancoraggi preesistenti si presenteranno efficienti e ben conservati, in tal caso potranno comunque essere integrati all'interno di un valido sistema di messa in sicurezza; se dovess ero rilevarsi ancoraggi assolutamente inefficienti, ormai inutili, ma non dannosi poiché realizzati con materiali stabili e posizionati in modo da non disturbare la struttura, si potrà, dietro specifica indicazione di progetto, l asciarli in opera. Non di rado si rileva la mancanza di efficienti sigillature tra i pannelli, se non addirittura di adeguati giunti di dilatazione, in questo modo l'acqua piovana, non incontrando idonee barriere, riuscirà facil mente ad infiltrarsi velocizzando la corrosione delle zanche in ferro, erodendo la malta di allettamento ed inn escando tutta una serie di patologie (creazione di muschi, cristallizzazione dei sali, cicli di gelo e disgelo ecc.) dannose al rivestimento. L'assenza dei giunti di dilatazione potrà costituire un punto critico della struttura, tant o da determinare pressioni insostenibili indotte dalle variazioni della temperatura.

**6.1. Messa in sicurezza**

Previa esecuzione di tutte le procedure di smontaggio e di analisi preventive si potrà procedere con l'interven to; i materiali per risultare idonei dovranno possedere caratteristiche meccaniche, di resistenza fisico-chimica e di durabilità adeguate, mantenendo il più possibile nel tempo le prestazioni richieste; gli elementi metallici (zanche, perni, piastre ecc.) da utilizzare potranno essere:
– in rame o in ottone trafilato: ottima resistenza alla corrosione ma scarsa resistenza meccanica da impiegar e per pannelli di peso modesto;
– in acciaio a doppia zincatura a caldo: ottima resistenza meccanica e alla corrosione (acciaio ad alta resist enza);
– in acciaio inossidabile AISI serie 300: eccellenti prestazioni a livello di resistenza meccanica e con le miglior i proprietà di inalterabilità.
La tipologia di zancatura potrà essere non portante o di ritegno (semplice fissaggio alla parete di supporto) o portante a sistema rigido (cioè quelle impiegate per rivestimenti con imbottitura posteriore di malta) e rego labile (sistemi più complessi di norma utilizzati su manufatti di pregio o per il ripristino d'ampie zone di rivesti mento) secondo le disposizioni di progetto (in questo caso le zanche dovranno essere state calcolate come ver e e proprie mensole di sostegno ai pannelli).
Nell'eseguire la suddetta procedura si dovranno tenere presenti le seguenti accortezze:
– l'esecuzione delle perforazioni sul supporto murario, al fine di alloggiare l'apparato di fissaggio (zanche, t asselli ecc.), dovrà essere eseguita, preferibilmente, con strumenti a sola rotazione; gli strumenti a roto-percus sione potranno essere utilizzati, solo dietro specifica indicazione della D.L., su materiali particolarmente comp atti come ad esempio elementi in c.a. o murature in laterizio pieno. La profondità della foratura, se non divers amente specificato negli elaborati di progetto, dovrà essere maggiore dell'ancoraggio così da lasciare lo sp azio ad eventuali polveri di trapanatura e, nel caso di utilizzo di tasselli, per la fuoriuscita della vite della pu nta del tassello. Nel caso di messa in opera di zanche, anche il diametro del foro sarà maggiore affinché la malta a ritiro compensato possa ben avvolgere l'ancoraggio metallico. L'eventuale perforazione delle lastre dovrà, invece, obbligatoriamente essere eseguita con strumenti a sola rotazione (ad es. carotatrici) così da evi tare la possibilità che le sollecitazioni meccaniche, fornite da mezzi a roto-percussione, deteriorino ulteriormen te il rivestimento (ad es. estendendo le situazioni di distacco o generando nuove lesioni);
– la sigillatura dell'apparato di fissaggio, ad esclusione dell'utilizzo di tasselli meccanici o chimici, dovrà avv enire previa accurata pulitura della perforazione e abbondante bagnatura (solo in caso di uso di malta) med iante idonea malta di calce idraulica naturale NHL 5 caricata con inerti pozzolanici o cocciopesto, con l'eventu ale aggiunta di idoneo additivo così da compensare il ritiro della malta, in alternativa e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà utilizzare betoncino di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile esente da solventi;

– ogni pannello lapideo, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovrà sostenersi da sol o, dovrà essere appeso (sistemi portanti) e non appoggiato a quello sottostante che, a livelli inferiori, si potre bbe trovare nelle condizioni di essere gravato da un peso non prevedibile o sostenibile;
– il sistema di ancoraggio dovrà considerare adeguati coefficienti di sicurezza che dovranno, necessariament e, tener conto dell'effetto combinato di forze, quali ad esempio la depressione causata dal vento, l'eventuale attività sismica, le vibrazioni generate dal traffico di superficie o sotterraneo ecc.;
– il sistema di ancoraggio dovrà, inoltre, essere progettato in modo adeguato soddisfando esigenze, talvolta contrapposte: realizzare tasselli di dimensioni sufficientemente contenute applicando contemporaneamente all a struttura il minor numero possibile di vincoli. Il nuovo sistema non dovrà, infatti, ostacolare i movimenti natura li del rivestimento e dovrà essere dotato di opportune guarnizioni (che dovranno presentare caratteristiche d'i ndeformabilità ed elasticità protratte nel tempo, ad es. in resine siliconiche) al fine di evitare una concentrazi one eccessiva di tensioni;
– la chiusura dei fori e delle giunture dovrà essere eseguita adottando una stuccatura composta da materiali stabili (ad es. elastomeri florurati e polvere di pietra) tali da evitare cavillature e infiltrazioni (per maggiori d ettagli si rimanda a quanto detto per le procedure riguardanti le stuccature superficiali); in alternativa, nel ca so si ricorra a tasselli, si potranno mettere in opera idonei dischi lapidei di chiusura, costituiti da materiale lapi deo dello stesso tipo del pannello e di dimensione adeguata a quella del foro; i suddetti dischi dovranno esse re applicati mediante idonei collanti e successivamente sigillati con attente stuccature.
*Avvertenze:* Sarà, in ogni caso, sempre consigliabile effettuare controlli sistematici in corso d'opera con l'event uale ausilio di endoscopie, in quanto potrebbero passare inosservate particolari situazioni costruttive different i da quelle rilevate nel corso della campagna di indagini preliminari.

*Messa in sicurezza con sistemi di fissaggio portanti rigidi*
I sistemi portanti rigidi più comunemente utilizzati sono:
– piattina metallica (dimensioni minime 6x40x250-300 mm) da inserire nelle scanalature (di dimensioni di cir ca 2-3 mm superiori a quella della piattina) eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, munita di doppia zancatura (costituita da due monconi di dimensioni minime 8x40x100 mm) annegate nella muratura d'ambito con malta di calce idraulica naturale NHL 5 a ritiro compensato. Le zanche di questo tipo si rileveranno partic olarmente resistenti e quindi indicate per lastre di grande spessore (maggiore 3-4 cm);
– piattina metallica (dimensioni minime 8x60x150-180 mm) sdoppiata, in ambedue le teste, in due lembi ripi egati in versi opposti: un'estremità si inserirà nelle scanalature (di dimensioni di circa 2-3 mm superiori a quell a della piattina) eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, l'altra estremità verrà inghisata nella muratur a con malta di calce a ritiro compensato; questo sistema potrà essere utilizzato per lastre di spessore medio-grande (2-3 cm);
– due piattine metalliche (dimensioni minime singola piattina 6x40x150 mm) accostate e ripiegate in versi op posti alle estremità, in modo da trattenere separatamente i bordi di due pannelli contigui, le zanche dovrann o essere posizionate sui bordi orizzontali del pannello di spessore medio-grande;
– sistema con tassello meccanico (ad espansione forzata o geometrica) o chimico (tasselli a calza, a rete, a b ussola retinata o a fiala di vetro, in ragione del supporto murario; la fiala di vetro sarà da utilizzarsi solo in presenza di materiali compatti) da inserire in perfori eseguiti sul pannello mediante l'ausilio di strumenti a sol a rotazione (ad es. carotatrici); i tasselli dovranno essere serrati seguendo i tempi ed il valore del carico prev isto, così da evitare sia serraggi troppo elevati che potrebbero provocare fenomeni di snervamenti delle viti s ia serraggi troppo lenti che non garantirebbero un'adeguata rigidezza all'ancoraggio. Questo sistema rigido sarà adatto per pannelli di spessore medio-grande.
Il tassello meccanico ad espansione forzata o geometrica sarà inserito nel perforo (precedentemente ben puli to con scovolino) con un'adeguata, quanto debole, percussione, dopo aver controllato l'assialità dell'elemento, si passerà all'operazione di serraggio mediante l'ausilio d'idonea chiave dinamometrica tarata al valore di c arico prefissato dal progetto. L'ancoraggio con i tasselli ad espansione geometrica, al contrario di quello a p ercussione, provocherà meno tensioni nel materiale di supporto e, pertanto, consentirà l'applicazione con inter asse e distanze dai bordi ridotte. L'esecuzione del fissaggio del tassello chimico sarà leggermente differente: la procedura prevedrà, previo inserimento del tassello a rete, a calza o di una bussola retinata (in ragione d el tipo di materiale costituente il supporto) di dimensioni uguali a quelle del foro (precedentemente ben pulito sia con scovolino sia con soffietto) e lunghezza misurata a partire dal fondo cieco della perforazione, l'estrusi one, mediante pompa manuale o pneumatica, della resina collante entro i fori precedentemente predisposti in iziando l'iniezione dal fondo sino al riempimento di circa 2/3 del volume della cavità. Successivamente si inser irà manualmente, con movimento circolare, la barra metallica filettata, con diametro e lunghezza stabiliti dag li elaborati di progetto; al fine di favorire l'introduzione nella resina sarà vantaggioso tagliare la punta dell a barra a 45°. Dopo aver controllato la corretta assialità si procederà all'inserimento della rondella di guarn izione (in resina siliconica), alla rondella in metallo ed al dado, passato il tempo necessario affinché la resina indurisca (circa 60-90 minuti) si potrà procedere al serraggio del dado con l'ausilio di chiave dinamometrica t arata al valore di carico prefissato dal progetto.

*Messa in sicurezza con sistemi di fissaggio portanti regolabili*
I sistemi portanti regolabili più comunemente utilizzati sono:
– *sistema con piastre metalliche sagomate* di spessore minimo di 5 mm, inserite ed ancorate con bulloni (ad es. 10x30 mm) e dadi muniti di rosetta, in appositi profili metallici, generalmente sagomati a "C" con irrigidente, (ovvero piastre metalliche dello spessore minimo di ca. 10 mm) ancorati alla parete mediante tasselli meccani ci o chimici o zanche di altro tipo. Uno dei vantaggi maggiori di questo sistema risiede nella possibilità di fiss are i profili o le piastre alla parete sia in posizione orizzontale sia verticale in relazione alle dimensioni dei p annelli. Il vincolo utilizzato in questo sistema sarà di tipo a ritenuta.
La sagomatura delle piastre sarà in funzione della loro posizione: la prima presenterà bordi ripiegati solo ve rso l'alto in modo da sostenere il solo pannello superiore, la piastra intermedia, utilizzata per il giunto chiuso (per pannelli medio-piccoli, spessore ca. 2-3 mm) presenterà dei bordi tutti d'eguale altezza ottenuti ripiegan do l'estremità dell'ala orizzontale, mentre quella utilizzata per il giunto aperto (per pannelli medio-grandi, sp essore ca. 6-8 mm o 15-20 mm se il giunto sarà a livello solaio) avrà bordi con altezze differenti: il labbro in feriore sarà più lungo così da poter entrare nella scanalatura della lastra sottostante. La piastra sommitale pr esenterà bordi piegati solo verso il basso. Al fine di risolvere l'eventuale mancanza di piombo della muratura si potrà ricorrere a cavalotti di spessoramento in acciaio interposti fra il profilo sagomato e la piastra di sost egno; in alternativa, nel caso di fissaggio con tasselli, si potrà intervenire anche sulla lunghezza della barra fil ettata;
– *sistema a spinotti,* simile a quello a piastra, utilizza profilati metallici ad "L" (ad es. 60x80x8 mm) muniti di fori sull'anima (al fine di consentire l'ancoraggio mediante tasselli alla muratura) e di asole sull'ala così da col locare degli spinotti metallici (ad es. ϕ 6x60 mm) che si inseriranno nelle scanalature praticate nei bordi delle lastre vincolandole a ritenuta. Anche questo sistema avrà la possibilità di fissare i profili alla parete sia in pos izione orizzontale sia verticale in relazione alle dimensioni dei pannelli.

## *Art. 32.1. Operazioni di consolidamento dipinti murari (ad affresco ed a secco)*

**Generalità**
Il consolidamento dei dipinti murari si rende necessario nei casi in cui si verifichi il distacco dell'intonaco dal su pporto murario (consolidamento in profondità) e/o il disfacimento dello strato dipinto in scaglie o la polverizz azione (consolidamento corticale della pellicola pittorica).

**1. Consolidamento in profondità**
L'operazione di consolidamento in profondità delle superfici dipinte si rende necessaria nei casi in cui sia acce rtato il distacco dell'intonaco dal supporto murario. L'intervento prevede gli stessi passaggi esplicati nella pro cedura di consolidamento in profondità mediante miscele leganti facendo attenzione, in questo caso, ad utiliz zare malte a base di calce idraulica (premiscelata o realizzate in situ) a basso peso specifico; inoltre, nella fa se di foratura delle parti distaccate, dovrà essere fatta particolare attenzione a non intaccare zone figurate (volti o arti) sfruttando, dove risulterà possibile, piccole fessure o lacune già presenti sulla superficie.
Specifiche sui materiali premiscelati
La malta premiscelata per riadesione e riempimento di vuoti in sistemi ornamentali, dovrà presentare basso p eso specifico (0,4 kg/dm³) e medie resistenze meccaniche, così da risultare idoneo per eseguire riadesione di elementi privi di funzioni statiche e non appesantibili come intradossi di volte affrescate, stucchi e superfici mu sive. L'impasto dovrà essere composto da leganti idraulici naturali, chimicamente stabili e a bassissimo contenu to di sali solubili, pozzolana, perlite ventilata e idonei additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Dopo aver imp astato energicamente per qualche minuto il premiscelato con acqua demineralizzata sarà consigliabile filtrare la boiacca ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formatisi in fase di impasto. Se non diversamen te specificato questi prodotti dovranno essere iniettati entro 30 minuti dalla preparazione. Il prodotto non do vrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e n on dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizz are siringhe di tipo veterinario prive di ago (diametro di uscita superiore ai 6 mm). Le caratteristiche chimico-f isiche medie dovranno essere: peso specifico 0,4 kg/dm³, lavorabilità 4 h, *bleending* assente, aderenza 0,9 N /mm², inizio presa a +20 °C 20 h, fine presa a +20 °C 44 h, resistenza a compressione a 28 giorni 31 N/m m², resistenza a flessione a 28 giorni 8 N/mm², modulo elastico 5200 N/mm², ritiro 0,4-1,2 mm, ritenzione ac qua > 85%, permeabilità al vapore 3 μ.

**2. Consolidamento della pellicola pittorica**
Il consolidamento corticale della pellicola pittorica si prefigge lo scopo di arrestare il disfacimento della supe rficie dipinta procedendo alla riadesione e al fissaggio dello strato cromatico al supporto ricorrendo all'utiliz zo di prodotti consolidanti e riaggreganti. Prima di procedere con l'intervento di consolidamento, la superficie dovrà essere ispezionata al fine di rintracciare eventuali alterazioni postume (integrazioni, restauri mal riusciti

ecc.) o stati avanzati di degrado (efflorescenze saline, patine, polveri, sostanze grasse ecc.). In presenza di co nsistenti cristallizzazioni saline dovrà esserne operata la rimozione procedendo prima all'asportazione superfi ciale mediante l'ausilio di pennelli morbidi e, successivamente, all'estrazione dei sali solubili seguendo quanto indicato nella specifica procedura. L'eventuale presenza di solfati dovrà essere ovviata ricorrendo all'ausilio di carbonato d'ammonio.
Dovranno, inoltre, essere attuate, se necessarie, le operazioni di preconsolidamento e di pulitura della superfi cie, seguendo quanto indicato nelle specifiche procedure. Il preconsolidamento potrà essere effettuato per me zzo di velinatura con carta giapponese o velatino di cotone per garantire il fissaggio della parti sollevate de lla pellicola pittorica e con iniezioni localizzate per garantire la riadesione di scaglie e sollevamenti di parti macroscopiche dello strato pittorico; in quest'ultimo caso dovrà essere fatta particolare attenzione sia nell'ese cuzione dell'operazione, sia nella scelta del prodotto da utilizzare al fine di evitare di compromettere la riusc ita dell'operazione finale di consolidamento dell'intera superficie ovvero l'impedimento dell'adeguata penetr azione del consolidante in profondità poiché ostacolato dal prodotto applicato per la riadesione di scaglie.
La risoluzione prescelta per realizzare il consolidamento dovrà essere preventivamente verificata su campioni così da poterne attestare l'effettiva efficacia, ovvero l'azione fissativa ed adesiva delle parti di colore sollev ate e la compatibilità materica rispetto alle componenti costituenti il dipinto. I prodotti che potranno essere uti lizzati dovranno relazionarsi alla specifica tecnica utilizzata per il dipinto (affresco o a secco) così da poter d efinire le giuste proporzioni delle diverse parti componenti. Il prodotto potrà essere applicato sulle superfici ri correndo a diverse tecniche (spruzzo, impacco o a pennello) da prescegliere in funzione delle caratteristiche e dello stato di conservazione del dipinto e del supporto; per questo risulterà necessario eseguire delle campio nature. Il prodotto consolidante potrà essere scelto tra: idrato di bario, caseinato d'ammonio e di calcio, silica to di potassio, esteri dell'acido silicico, resine acriliche (in solventi come acqua distillata, diluente per etilsilicat o, diluente nitro ecc.) inoltre, grassello di calce, cocciopesto e carbonato di calcio micronizzato in relazione all a specificità del caso. L'applicazione del prodotto consolidante dovrà essere effettuata con un'umidità relativ a non superiore al 70% e con temperatura superficiale compresa tra +10 e +35 °C.
L'impacco risulterà adatto su dipinti a buon fresco o a mezzo fresco; a spruzzo (manuale o a volume d'aria) s u dipinti a secco, l'applicazione a pennello su limitate porzioni di dipinti a secco. Per i dipinti a secco potranno essere utilizzati prodotti inorganici in soluzione acquosa; per dipinti ad affresco potrà essere utilizzato, tra le varie soluzioni, idrato di bario in soluzione satura o caseinato d'ammonio al 5% applicati ad impacco. Le sup erfici non interessate dall'intervento (soprattutto quelle limitrofe) dovranno essere opportunamente protette; ri sulterà opportuno per questo, mettere in atto presidi con fogli di polietilene, carte ecc. e delimitare il contorno dell'area di intervento con polpa di cellulosa, impastata con poca acqua distillata, così da garantire una zona di contenimento al fine di ovviare il percolamento della sostanza consolidante.

## Art. 33. Protezioni

**Premessa metodologica**
Gli interventi di protezione devono assolvere principalmente il ruolo di salvaguardare il materiale dall'aggre ssione degli agenti naturali esterni (infiltrazioni d'acqua, depositi superficiali di sostanze nocive ecc.) e/o di n atura antropica, ricorrendo all'uso di tecniche consone ad ogni caso specifico. Eseguite generalmente a compi mento dell'intervento conservativo, le protezioni possono essere concepite sia come veri e propri presidi (scher mi, tettoie, barriere ecc.) inseriti con l'intento di ostacolare l'innescarsi di patologie degenerative, proteggend o il manufatto in modo da ovviare direttamente alle cause di degrado, sia come applicazioni superficiali di m ateriali sacrificali, compatibili con la preesistenza, deteriorabili nel tempo.
Lo scopo di entrambe le risoluzioni è quello di difendere i materiali da diversi fattori, in molti casi concomitant i, come l'attacco fisico-chimico operato dagli agenti atmosferici e dalle sostanze nocive veicolate da questi, d alle azioni di organismi vegetali e animali, dai raggi ultravioletti, aerosol marini ecc. Fondamentalmente lo sc opo principale richiesto alle operazioni di protezione è quello di impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale e, allo stesso tempo, ostacolare l'aggressione degli inquinanti atmosferici; per fronteggiare entr ambi i fattori i prodotti utilizzati devono presentare i requisiti di idrorepellenza, reversibilità, traspirabilità, a ssenza di sottoprodotti dannosi e stabilità alle radiazioni UV L'idrorepellenza è determinante al fine di evitar e i degradi connessi alla penetrazione dell'acqua come i fenomeni ciclici di gelo e disgelo, la cristallizzazione dei sali solubili (efflorescenze saline, subefflorescenze ecc.) e la veicolazione di sostanze nocive; la reversibilit à deve essere concepita come la possibilità di poter rimuovere il prodotto (applicato superficialmente) in caso si dovessero verificare, nel tempo, indesiderati e nocivi effetti collaterali ("effetto bagnato" ovvero un'alteraz ione cromatica dell'aspetto originale); la traspirabilità è altrettanto incisiva per la riuscita dell'operazione, po iché il protettivo applicato non deve ostacolare il passaggio del vapore acqueo presente nei muri ma deve c onsentirne il regolare deflusso, così da mantenere costanti i valori igrometrici delle strutture evitando pericolos i ristagni interni d'acqua. I prodotti adatti ad assolvere queste funzioni devono presentare, necessariamente, u na buona compatibilità materica con il supporto così da avere comportamenti fisico-chimici similari mentre, pe r quanto concerne l'impatto visivo, le protezioni possono essere concepite sia come apporti totalmente traspar

enti e neutri tali da consentire la totale leggibilità del supporto (sostanze principalmente di natura organica o a base di silicio) sia, come degli strati la cui funzione di protezione, (scialbature, velature, sagramature, ecc.) nasconderà in parte la superficie muraria. La scelta di una delle due soluzioni a discapito dell'altra è strettam ente connessa alla metodologia d'intervento scelta a discrezione del tecnico. Le superfici lapidee, inoltre, poss ono essere trattate con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, stese a formare una barriera superficiale trasparente ed idrorepellente capace di impedire o limitare considerevolmente il co ntatto con sostanze patogene esterne, ma al contempo di non eliminare la traspirabilità e la permeabilità al v apore acqueo.
Nel caso di preesistenti trattamenti protettivi coprenti si potrà decidere o di ripristinarli nelle parti dove sono venuti a mancare, così come in origine (diversificando, se ritenuto opportuno, il nuovo dal vecchio) o lasciare l' apparecchio a vista, accettandone il mutamento come fattore essenziale dell'aspetto della struttura, e proteg gerlo ricorrendo a trattamenti neutri.
Generalmente le protezioni hanno una durata limitata nel tempo; risultano efficaci per un periodo che va dai 5 ai 10 anni dopodiché vengono a mancare le caratteristiche di idrorepellenza, per questo si rende necessari o la messa in opera, previa la totale asportazione dei residui rimasti sulla superficie, di un nuovo intervento pr otettivo. Per questo motivo, l'applicazione programmata nel tempo dei cicli protettivi deve essere inserita nei programmi di manutenzione periodica.
*Operazioni di protezione dei materiali lapidei*
Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a sec co, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

**Generalità**
Considerato l'impatto e il ruolo attribuito ai protettivi la loro scelta dovrà essere operata sulla base dei risult ati delle analisi di laboratorio realizzate su campioni di materiale; i provini dovranno essere preservati così d a essere in grado di valutare l'effettiva efficacia e la durata nel tempo. Le campionature pre-intervento eseg uite sotto il controllo della D.L. dovranno, necessariamente, essere catalogate ed etichettate; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzato, le modalità ed i temp i di applicazione.
La durata e l'inalterabilità del prodotto dipenderanno, principalmente, dalla stabilità chimica e dal comporta mento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad essere determinante sulle prestazioni, potrà portare alla composizione di sostanze secondarie, danno se o insolubili, che invalideranno la reversibilità del prodotto.

**1. Applicazione di impregnante idrorepellente**
La procedura dovrà essere eseguita alla fine del ciclo di interventi previsti e solo in caso di effettivo bisogno, su apparecchi murari e manufatti eccessivamente porosi esposti sia agli agenti atmosferici, sia all'aggressione di umidità da condensa o di microrganismi animali e vegetali.
L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme ed abbondante fino a completa saturazione del supporto. Le mani da applicare dipenderanno dalla capacità di assorbiment o del supporto, in ogni caso non potranno essere inferiori a due passaggi (consumo variabile da 0,2 a 1 l/m²).
L'intervallo di tempo tra le varie applicazioni potrà variare, fermo restando che la mano precedente sia stat a completamente assorbita; di norma i prodotti saranno applicati:
– a spruzzo, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pression e manualmente o da pompa oleo-pneumatica;
– a pennello morbido o rullo sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentan do gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile alternare m ani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto bagnato (pe r maggiori dettagli sulle tecniche d'applicazione si rimanda a quanto detto nell'articolo sul consolidamento pe r impregnazione).
Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto il trattamento protettivo dovrà essere applicato s u supporti puliti, asciutti, privi d'umidità e di soluzioni di continuità (fessure superiori di 0,3 mm dovranno esser e adeguatamente stuccate come da articoli specifici) a temperature non eccessivamente alte, intorno ai 20 °C (possibilmente su apparecchi murari non esposti ai raggi solari) al fine di evitare una brusca evaporazione de i solventi utilizzati. I prodotti utilizzabili, di norma, dovranno possedere un basso peso molecolare ed un eleva to potere di penetrazione; buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici; buona resistenz a chimica in ambiente alcalino; assenza d'effetti collaterali e di formazione di sottoprodotti di reazione dann osi (produzione di sali); perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori; traspirazione tale da non ridurre, ne l materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%; dovranno risultare a tossici.

Sarà sempre opportuno, a trattamento avvenuto, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) mirato a valutare la riuscita dell'intervento, così da verificarne l'effettiva efficacia.
La pluralità del potere idrorepellente sarà direttamente proporzionale alla profondità di penetrazione all'int erno dei materiali. Penetrazione e diffusione del fluido dipenderanno, quindi, dalla porosità del materiale, d alle dimensioni e dalla struttura molecolare della sostanza impregnante in relazione al corpo poroso (pesanti macromolecole ricche di legami incrociati non attraverseranno corpi molto compatti e si depositeranno in supe rficie), dall'alcalinità del corpo poroso, dalla velocità e catalisi della reazione di condensazione (prodotti fort emente catalizzati possono reagire in superficie senza penetrare nel supporto).
Specifiche sui materiali
I protettivi più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondam entalmente alla classe dei composti organici (resine florurate, acril-siliconiche e poliuretaniche) e dei composti a base di silicio; la scelta dovrà, necessariamente, essere operata in relazione alle problematiche riscontrate, così come la quantità ottimale di protettivo sarà determinabile in via sperimentale su superfici campione; orie ntativamente su intonaco di calce nuovo asciutto saranno sufficienti 100-140 g/m² di soluzione protettiva. Nel caso di manufatti lapidei ovvero intonaci a calce di particolare valore storico-artistico dovranno, necessariam ente, essere seguite scrupolosamente le raccomandazioni NorMaL vigenti.
I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:
a) basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione;
b) buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
c) buona resistenza chimica in ambiente alcalino;
d) assenza di effetti collaterali e di formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);
e) perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;
f) traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valor e limite del 10%;
g) non tossicità;
h) reversibilità.
Normalmente un trattamento protettivo ha una durata massima di circa 5-6 anni, è, pertanto, consigliabile pr ogrammare una attenta manutenzione ordinaria ogni 4-5 anni.
Per le caratteristiche dei protettivi fluorurati così come per quelli a base di resine acril-siliconiche si rimanda a lle specifiche dell'articolo inerente il consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione.

**2. Tinteggiatura alla calce (scialbatura)**
La tinteggiatura alla calce potrà essere utilizzata in ambienti interni ed esterni a patto che non siano aggressi vi e a condizione che il supporto non sia stato ancora "compromesso" da una precedente pitturazione a legan te polimerico che ne renderebbe difficoltosa l'adesione (in questo caso sarà necessario procedere all'asporta zione totale della precedente pittura prima dell'applicazione della tinta). I vantaggi di una tintura alla calce risiedono nell'alta compatibilità con i materiali del supporto, nel "rispetto" dei colori e dei toni cromatici degli edifici storici e nella sanificazione dell'ambiente con conseguente prevenzione di muffe grazie alla naturale b asicità e all'elevato tasso di traspirabilità; per contro, saranno soggetti all'azione degradante dell'anidride c arbonica combinata con l'acqua e dei gas inquinanti dell'aria.
La procedura prevede che il grassello di calce, stagionato almeno 24 mesi (o calce idrata in fiore) venga ste mperato in una quantità d'acqua necessaria al fine di ottenere un composto sufficientemente denso (rapporto grassello acqua 1:2); dovrà essere lasciato riposare da un minimo di 6-8 ore ad un massimo di 48 ore. A sta gionatura avvenuta il composto sarà passato al setaccio (con vaglio a 900 maglie/cm²) allo scopo di eliminar e le impurità presenti nell'impasto (parti insolubili o corpi estranei). L'acqua utilizzata per l'impasto dovrà esse re esente da impurità di carattere organico (acidi, sali e alcali) causa di incompattezza delle tinte, alterazioni dei colori e macchie. La coloritura dell'impasto si otterrà tramite l'aggiunta di pigmenti minerali (massimo 10 % in volume rispetto al latte di calce) e terre naturali o artificiali (massimo 25-30% in volume, superando que ste dosi potrebbe essere necessario integrare il potere del legante con additivi di varia natura: generalmente resine acriliche). I pigmenti prima di essere amalgamati al latte di calce, al fine di poter ottenere la dispersio ne omogenea dei colori, dovranno essere stati immersi in una quantità d'acqua pari al doppio del loro volum e, lasciati riposare per alcune ore e passati al setaccio (in modo da trattenere i grumi più grossi). La tinteggia tura alla calce, perde tono nei primi mesi dopo l'applicazione, pertanto sarà consigliabile amplificare legger mente il dosaggio di pigmento al fine di ottenere, a distanza di tempo, la coloritura desiderata.
Prima di procedere all'operazione di tinteggiatura dovranno essere verificate le condizioni del supporto che dovrà presentarsi pulito, ben aderente, privo di depositi superficiali, macchie di umidità e patine di smog; a t al fine sarà opportuno eseguire uno o più cicli di pulitura così da rimuovere eventuali efflorescenze saline o pr esenze di muffe od altri infestanti biologici (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli iner enti le puliture) e nel caso l'intonaco si presentasse disgregato o distaccato sarà opportuno procedere ad un e ventuale consolidamento (riadesione di distacchi mediante iniezioni), facendo cura di ovviare ad ogni lacuna,

cavillatura o fessurazione tramite rappezzi e/o stuccature (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli inere nti le stuccature e i rappezzi d'intonaco), così come, al fine della buona riuscita, sarà sconsigliato stendere la pittura a calce in condizioni climatiche di eccessiva umidità, eccessivo caldo o freddo.
Per ottenere una superficie compatta, duratura e colorata uniformemente, sull'intonaco ancora fresco si dovrà stendere una mano di fondo composta da latte di calce molto grasso dopodiché, prima della completa asciug atura, si applicherà il colore molto diluito; in questo modo si assicurerà una maggior capacità legante al tinte ggio senza dover ricorrere ad additivi. Quando la tinteggiatura a calce verrà impiegata come integrazione pittorica sarà opportuno aggiungere al composto utilizzato per la stesura della seconda mano, un additivo (le gante) allo scopo di migliorare le caratteristiche fisiche della tinta; si potrà ricorrere a delle emulsioni acrilich e al 2-3% o al caseinato di calcio con aggiunta di ammoniaca (antifermentativa). Prima di applicare la tinta su tutta la parete, al fine di ottenere la tonalità di colore desiderata, si dovranno eseguire delle prove campi one poiché la tinta a base di calce schiarisce notevolmente una volta essiccata; inoltre la tinta, seccando, aum enterà il proprio potere coprente, fattore che dovrà essere tenuto conto in funzione dell'effetto che si intender à ottenere, (le prove potranno essere eseguite o direttamente su piccole porzioni di intonaco oppure su blocch etti realizzati con terra d'ombra). Per la stesura della tinta sul supporto si dovranno utilizzare pennelli a setol a animale o le pompe impiegate per le irrorazioni delle viti. Nel caso di pennelli, la stesura dovrà procedere sempre nella stessa direzione (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso). La tinta dovrà essere frequente mente mescolata, al fine di evitare il deposito del materiale, e protetta da luce, aria e polvere durante gli int ervalli di lavoro, così da evitare alterazioni che potrebbero produrre variazioni di tonalità; andrà, in ogni cas o tenuto presente che sarà da evitare di consumare per intero la quantità di prodotto contenuta nel recipiente in modo che il pennello non tocchi il fondo dove, comunemente, si ha un deposito di pigmenti che intensificano l a tonalità del colore. In alternativa al grassello di calce potrà essere utilizzata della calce idraulica naturale NHL 2 in rapporto di 1:2 con l'acqua (in caso di superfici molto porose occorrerà una maggiore diluizione).
Al fine di ovviare veloci degradi, dovuti agli agenti atmosferici ed inquinanti, dopo che la tinta si sia asciugat a e comunque non prima di circa quattro settimane, sarà consigliabile provvedere alla stesura di una mano di protettivo a base di silossani ovvero, dietro specifica indicazione della D.L., mani successive di soluzioni di silic ato di potassio.
*Specifiche:* Prima di iniziare l'operazione di tinteggiatura accertarsi che il supporto sia esente da fenomeni d'u midità poiché potrebbero generare, ad operazione ultimata, l'insorgenza di macchie. Nel caso in cui l'interven to dovesse adattarsi alla tonalità di colore di una preesistente tinteggiatura "storica" alla calce si ricorda che con l'uso dei pigmenti artificiali difficilmente potrà essere riprodotto lo stesso tono di colore; gli ossidi naturali risulteranno, pertanto, più consoni allo scopo. Per l'applicazione della tinta di calce sarà sconsigliato l'utilizzo del rullo. La tinta a calce, se applicata su di un intonaco di malta di calce aerea, potrà essere stesa direttame nte anche se lo strato non risulterà completamente asciutto; mentre, se data su intonaco di malta di calce idra ulica naturale o su tinteggiatura a calce preesistente, dovrà essere preceduta dall'imbibizione, a più riprese, di tutta la superficie da trattare, con uno strato d'ancoraggio realizzato con una mano di latte di calce grassa su cui applicare a bagnato la tinta a calce; quest'ultima operazione sarà da eseguire con cura specialmente durante la stagione estiva ed in presenza diretta di irraggiamento solare, così da evitare il fenomeno della "bruciatura" che comprometterebbe il risultato finale. La tinteggiatura a calce non dovrà essere applicata su supporti contenenti gesso né su superfici cementizie od intonacate con malte a base di cemento.
Nel caso di messa in opera di formulato con percentuali di resina acrilica sarà necessario invertire la procedu ra tradizionale, ovverosia si dovrà stendere la tinta su supporto perfettamente asciutto. La durabilità di una ti nta a calce additivata con resina acrilica crescerà in base alla percentuale di resina contenuta; al fine di otte nere una durabilità elevata occorrerà una percentuale di resina intorno al 30-35% in volume sul secco, a disc apito, però, della trasparenza e della ritenzione di sporco. Nel caso in cui la tinteggiatura avvenga su superfi ci esterne sarà necessario, dopo aver terminato l'applicazione, proteggere la superficie per alcuni giorni da eventuali piogge al fine di evitare "sbiancamenti" dovuti alla migrazione dell'idrossido di calcio. Nel caso inv ece di applicazione in ambienti interni sarà consigliabile, dopo avere terminato l'applicazione, arieggiare i lo cali per alcuni giorni per favorire l'indurimento del legante mediante il processo di "carbonatazione". La tinte ggiatura a calce dovrà essere, preferibilmente, eseguita in primavera o in autunno in quanto la calce subisce alterazioni irreversibili se utilizzata a temperature troppo rigide o elevate; in queste condizioni si verificano, i n genere, due patologie di degrado: la calce "brucia" dando vita ad imbianchimenti diffusi e perdendo di co esione rispetto al supporto; la tinteggiatura "sfiamma" producendo superfici non omogenee in cui le pennellat e risultano particolarmente evidenti. Applicare, pertanto, la tinta con temperature del supporto comprese tra i +5 °C ed i +30 °C e con umidità relativa inferiore all'80%; non tinteggiare in presenza di forte vento.

**3. Trattamento all'acqua sporca (velatura)**
Questo tipo di trattamento potrà avere la funzione di protettivo (e allo stesso tempo blando consolidante) su materiali come pietre, laterizi ed intonaci. L'applicazione acquosa del latte di calce (idrossido di calcio) dovrà essere realizzata su superfici perfettamente pulite (seguendo le metodologie indicate nell'articolo specifico sul le puliture) e, se necessario, consolidate (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo inerente il consolidament

o degli intonaci mediante iniezioni e a quello inerente i rappezzi d'intonaco); il supporto, infatti, dovrà presen tarsi privo di lacune con le fessure di piccole dimensioni opportunamente stuccate (per maggiori dettagli si rim anda all'articolo inerente le stuccature). La preparazione della cosiddetta acqua sporca consisterà nel colorar e leggermente l'acqua di calce mediante l'aggiunta di pigmenti colorati; un cucchiaio di pigmento naturale in un secchio d'acqua (10-12 l). L'intervento verrà realizzato inumidendo, preventivamente, la parete da trattar e per mezzo di un pennello morbido imbevuto d'acqua, dopodiché si procederà alla stesura del protettivo me diante l'uso di pennelli (preferibilmente a setola animale morbida), nebulizzatori o rulli. L'applicazione dovrà procedere a strati successivi (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso) in modo da garantire la copertur a totale della superficie; dopo l'ultima mano potrà essere applicato un fissativo (caseinato di calcio) addizion ato all'acqua. In alternativa al latte di calce ricavato da grassello si potrà utilizzare una parte di calce idraul ica naturale NHL 2 stemperata in 4-6 parti di acqua.

**4. Tinteggiatura ad affresco**

Tecnica pittorica da mettere in opera solo in casi particolari (a causa delle difficoltà operative-logistiche che necessitano una stretta collaborazione tra colui che applica l'intonaco e colui che dovrà "pitturare" la superfici e) garantisce senza dubbio maggior brillantezza e durabilità dei colori, i quali penetrano all'interno della su perficie intonacata ancora fresca partecipando all'essiccazione e diventano un tutt'uno con il supporto: la tinte ggiatura durerà quanto durerà l'intonaco. Dal momento che in questa tecnica l'intonacatura dovrà anticipare di poco le operazioni di tinteggio, sarà indispensabile fissare con attenzione le aree di lavoro giornaliere in modo da localizzare opportunamente le "giunzioni" tra le successive stesure dell'intonaco in aree poco visibili. La "tinta", in questo caso, dovrà essere esente da alcun legante poiché composta solamente da pigmenti natur ali accuratamente macinati e stemperati in acqua pura.

Su superfici murali nuove sarà necessario avere molta cura della stesura degli strati di rinzaffo e arriccio e, so prattutto, nelle operazione di bagnatura della superficie prima e dopo l'arricciatura, così da evitare che part i non adeguatamente bagnate sottraggano l'acqua alla malta provocando cavillature che potrebbero facilita re il distacco dell'intonaco. Secondo le indicazioni della D.L. si procederà alla messa in opera del velo (gener almente composto da 1 parte di grassello ben stagionato ed 1 parte di polvere di marmo con l'eventuale ag giunta di 1 parte di sabbia silicea vagliata e lavata) solamente su quelle porzioni che potranno essere tinteg giate nel giro di 2 o 3 ore. Questa operazione potrà essere eseguita con frattazzo di legno, di acciaio o di s pugna a secondo delle finiture dell'intonaco che saranno prescritte nel progetto. Nel caso che la superficie pr esenti una non perfetta levigatura sarà necessario intervenire mediante spazzolatura leggera eseguita con p ennello morbido al fine di rimuovere i granuli di sabbia che, ancora mobili, impasterebbero la tinta.

Le tecniche di tinteggio a fresco vere e proprie potranno essere due: la prima darà una superficie compatta e dalla colorazione uniforme, la seconda darà una superficie a velatura. In entrambi i casi non si potrà iniziar e a dipingere subito dopo avere steso il velo ma sarà necessario attendere circa 4/6 ore dalla stesura dell'in tonaco, quando cioè, premuto un dito sulla superficie, questa non lascia alcuna traccia.

Con la prima tecnica, previa leggera bagnatura, eseguita con nebulizzatore, potrà essere eseguita la tintegg iatura che dovrà essere stesa a pennello in due mani successive, intervallate da circa un'ora, incrociando le pe nnellate stese in precedenza.

Il colore dovrà essere molto guazzoso ed abbondante, il segnale-spia di un intonaco non più fresco verrà forn ito dalla mancata scorrevolezza del pennello. Prima di stendere il terzo ed ultimo strato sarà necessario rullar e la superficie con cilindro di vetro (bottiglia di vetro o frattazzo di plastica duro) così da rompere la pellicol a vetrosa e far trasudare l'acqua contenuta dalla calce. Compiuta questa operazione si procederà a stender e velocemente il terzo ed ultimo strato di tinta.

La seconda tecnica, quella della "velatura", dovrà lasciare intravedere la tramatura dell'intonaco sottostante il quale, per ovvi motivi, dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte. Previa bagnatura della superficie si stenderà una sola mano di colore che dovrà essere molto allungata con acqua. Una volta terminata la stesura del colore, per tutte e due le tecniche sopra descritte, sarà opportuno provvedere a nebulizzare acqua sopra la superficie intonacata così da ritardare l'essiccazione del velo e rendere i colori ancora più brillanti.

Una volta indurito l'intonaco le decorazioni ad affresco potranno essere ritoccate solo a secco.

Al fine di ovviare a veloci degradi, dovuti agli agenti atmosferici ed inquinanti, dopo circa quattro settimane sarà consigliabile, come per le tinteggiature alla calce, provvedere alla stesura di una mano di protettivo a b ase di silossani.

*Specifiche:* Una variante della tinteggiatura ad affresco è il "mezzo fresco" ovvero la tinteggiatura su intonac o già "stanco", ossia quasi del tutto indurito; anche in questo caso si utilizzeranno pigmenti in polvere ma al p osto dell'acqua verrà utilizzato come "legante" il latte di calce. Chimicamente il risultato che si otterrà sarà m olto simile a quello dell'affresco, infatti il latte di calce subisce lo stesso processo di carbonatazione, ma visiva mente il risultato sarà diverso: una parete decorata con il metodo del mezzo fresco risulterà più "sbiadita" ris petto ad una decorata ad affresco.

Una sorta di variante rispetto all'affresco è la tecnica del "graffito". Previa la stesura e la quasi asciugatura di una mano di velo diversamente pigmentato, di norma scuro (se non diversamente specificato si eseguirà un

velo in grassello di calce, sabbia o pozzolana e carbone di legna polverizzato, rapporto legante inerte 1:2) s i stenderà un ulteriore intonachino costituito da calce e sabbia bianca per uno spessore di circa 2-3 mm. Una volta indurito l'ultimo strato si potrà procedere a tracciare a spolvero il motivo ornamentale voluto e successiv amente si potrà passare ad incidere con spatole di ferro od altri attrezzi di varia forma, così da evidenziare il decoro attraverso il contrasto cromatico delle due superfici.

**5. Pittura a tempera o a colla**

La pittura a tempera prevede l'applicazione, su superficie bene asciutta, di una miscela composta da pigment i colorati dispersi in acqua e di una sostanza legante predominante come la colla animale, la colla vegetale (preferibile perché meno grassa di quella animale) o più raramente l'uovo, il latte e i suoi derivati. Fondamen talmente la tecnica della pittura a tempera potrà essere eseguita in tre modi:

– stemperare i colori con acqua e dipingere mischiando la soluzione con colla;

– dipingere con i colori senza legante ossia, stemperare con sola acqua i pigmenti e poi, quando la pittura sa rà perfettamente asciutta vaporizzare delle soluzioni molto lunghe di colla;

– amalgamare le polveri colorate con la colla e diluire con acqua al momento di dipingere avendo l'accortez za di miscelare bene mediante frusta meccanica.

La quantità di legante (colla) dipenderà dalla sua qualità e dalla quantità dei colori, essendo questi più o me no assorbenti. In linea generale le colle andranno miscelate alle tinte così da conferire loro maggiore adesivit à; potendo fare con limitatissime quantità, si guadagnerà una maggior purezza della tinta, una maggiore dur ata e nitidezza e le tinte risulteranno meno soggette ad alterarsi con il passare del tempo. Orientativamente sulla quantità di colla da utilizzare potranno essere fissate le seguenti regole: le tinte per esterni dovranno co ntenere più colla di quelle per interni; la prima mano di tinta dovrà essere più carica rispetto alle successive e le ultime mani dovranno essere progressivamente meno adesive. Sarà sempre necessario, pertanto, eseguire delle prove al fine di valutare la consistenza della tinta.

La procedura prevedrà, previa stesura di imprimitura uniforme della parete a base di colla ed acqua (in rap porto di 1:2), due mani di colore intervallate da almeno 12 ore, ovvero la seconda dovrà essere stesa solo q uando la prima mano risulterà completamente asciutta.

Nella preparazione del primo strato sarà sempre consigliabile (obbligatorio per gli esterni) caricare la tinta c on carbonato di calcio o caolino (cariche che resistono meglio all'azione degli agenti atmosferici) mischiati alle polveri colorate, anch'esse ben stemperate. Questa miscela colorata dopo essere stata lasciata riposare e più volte miscelata dovrà prima essere filtrata con un setaccio poi, previa aggiunta di collante, potrà essere utiliz zata come tinta. La tinta dovrà essere non troppo densa né troppo fluida.

Nella composizione della tinta finale si potranno utilizzare tutti i colori tenendo presente però che dovranno e ssere lasciati per un certo periodo di tempo in acqua così da dare modo ai colori in polvere di disciogliersi un iformemente. Sarà preferibile lasciare riposare la tinta per almeno 12 ore così da evitare, a tinteggiatura as ciutta, eventuali striature. La tinta per l'ultima mano non dovrà essere né troppo diluita né troppo densa, dovr à essere fluida così da coprire bene senza fare croste.

Il pennello per l'applicazione dovrà essere a setola animale e la stesura dovrà procedere sempre nella stesa direzione (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso incrociando la direzione negli strati successivi). Nell'in tingere i pennelli non si dovrà né toccare il fondo del recipiente né comprimere il pennello per fare uscire la ti nta. Il grado di resistenza alla temperatura della tinteggiatura a tempera dipende dalle caratteristiche del le gante utilizzato.

*Specifiche:* La tempera non risulterà indicata per le superfici intonacate con malte cementizie e con malte cont enenti calce eminentemente o mediamente idraulica.

**6. Tinteggiatura ai silicati**

La pittura ai silicati si compone essenzialmente di silicato di potassio, sabbia di quarzo e pigmenti minerali. Le pareti da tinteggiare dovranno risultare asciutte sia in superficie che negli spessori retrostanti; questo requisit o dovrà essere controllato anche con appositi apparecchi; l'umidità non dovrà superare il 14%. Questo pittur a potrà essere applicata su intonaci a base di calce aerea, idraulica o cementizi previa eventuale mano (pref eribilmente a spruzzo) di imprimitura:

– le pareti intonacate con malta di calce dovranno preventivamente essere trattate con una soluzione di 0,20 0 kg di acqua, 0,700 kg di latte non acido e 0,100 kg di grassello di calce;

– le superfici di cemento od intonacate con malta di cemento dovranno essere preventivamente lavate con un a soluzione al 5% di acido cloridrico in acqua;

– le superfici in muratura dovranno preventivamente essere lavate con soluzione al 5% di acido solforico in ac qua.

Eventuali efflorescenze saline che si rilevassero dopo l'essiccazione dei suddetti trattamenti preliminari dovran no essere asportate mediante spazzolatura prima di iniziare la tinteggiatura.

Le tinteggiature a base di silicati non dovranno essere eseguite su sopporti contenenti gesso.

L'inizio delle operazioni di tinteggiatura non dovrà aver luogo prima che siano trascorse almeno 12 ore dai tr attamenti preliminari. Tra l'applicazione di una mano di tinteggiatura e l'altra dovranno trascorrere almeno 1 2 ore e lo strato successivo dovrà essere preceduto dalla accurata spolveratura di quello sottostante.
Il silicato, utilizzato come diluente e fissativo del colore, si presenterà come un liquido denso e trasparente che, diluito con acqua pulita priva di sali (ad es. acqua distillata) e aggiunto con una base di bianco (tipo bianco di Spagna, carbonato di calcio o bianco di zinco, quest'ultimo poco coprente potrà essere utilizzato per raggi ungere un effetto finale di trasparenza) e pigmenti minerali macinati finemente, potrà essere steso in due man i mediante pennellesse rettangolari grandi a setola morbida, o spruzzo (con quest'ultimo sistema si otterrà un effetto più omogeneo); in linea generale la resa, in ragione del supporto, potrà essere stimata intorno ai 15 0-250 g/m² per la prima mano, 100-200 g/m² per la seconda passata. La tinta non dovrà essere applicata su pareti assolate, ed in genere nelle ore più calde, né in condizioni di vento; la tinta potrà essere applicata anche alla temperatura di zero gradi e con tempo umido.
La preparazione della tinta avverrà seguendo una precisa procedura, ovverosia si disperderanno il bianco di base (bianco di zinco) e i pigmenti in acqua distillata fino a formare un miscuglio sciolto, dopo si introdurrà il s ilicato in ragione, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, di 1:8 o 2:8 rispetto alla restan te massa; il preparato, a causa dell'instabilità del silicato di potassio, dovrà essere frequentemente amalgam ato (in modo che i pigmenti siano sempre ben dispersi) e steso entro le 4 ore successive se si opererà all'intern o, 6 se si utilizzerà all'esterno. Sarà pertanto consigliabile preparare la sola quantità di prodotto realmente u tilizzabile nei tempi di lavoro previsti. Al fine di stabilizzare il silicato di potassio si potrà aggiungere alla mis cela una quantità minima di resina in emulsione (< al 5%). La tinta ai silicati sarà tanto più scura quanto più sil icato sarà utilizzato, pertanto sarà consigliabile preparare la tinta prima di mescolarvi il silicato di un tono pi ù chiaro rispetto a quello previsto dal progetto.
Il silicato di potassio a contatto con la superficie d'intonaco genererà la formazione di silice che a sua volta le gherà intimamente il pigmento con il sottofondo e lo consoliderà rendendolo durevole e resistente senza la for mazione di film continuo (assenza di discontinuità tra finitura e supporto). Questo tipo di pittura renderà quasi del tutto impermeabile il supporto murario ma, allo stesso tempo, manterrà una certa permeabilità al vapore (coefficiente di permeabilità < 90 μ). Con il trattamento ai silicati si otterrà, inoltre, una finitura in grado di c ontrastare l'attacco da parte di agenti inquinanti (ritenzione dello sporco bassa), atmosferici e dei raggi ultra violetti senza sacrificare l'aspetto estetico. La stabilità cromatica di questo tipo di tinteggiatura permetterà, a ttraverso l'ausilio di spugna naturale o frattazzo, di mostrare ed esaltare la tessitura e la trama della finitura superficiale dell'intonaco.
Avvertenze
Una volta terminata la tinteggiatura questa non dovrà presentare nessuno dei seguenti difetti: tinta non unifor me ed irregolare, macchie in superficie, croste ed efflorescenze, problemi di adesione, distacchi crostosi, cola ggi di tinta, spolvero superficiale, zone lucide, striature, cretti e screpolature.
Specifiche sui pigmenti
I pigmenti da impiegare con i silicati non stabilizzati sono quelli minerali utilizzati per la tecnica dell'affresco; sarà, tuttavia consigliabile eseguire delle campionature al fine di verificare la reale compatibilità: si scioglier à una minima parte di pigmento in una modesta quantità di silicato, se il pigmento non precipita depositandos i sul fondo significherà che sarà idoneo all'uso.

**6.1. Tinte semitrasparenti ai silicati organici**
Queste tinte si differenzieranno da quelle tradizionali in quanto conterranno, oltre all'agente silicato di potass io legante, una dispersione sintetica resistente agli alcali, cariche, additivi reologici e antibiodeteriogeni; la q uantità totale di sostanze organiche potrà raggiungere al massimo il 5% del peso, con riferimento al peso tot ale del prodotto finito. La dispersione sintetica contenuta in queste tinte organosilicati e che non darà vita a p ellicola e perciò non sarà considerata agente legante; queste tinte risulteranno traspiranti ed invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale. La dispersione sintetica avrà soltanto una funzione reolo gica e protettiva subito dopo l'applicazione della tinta fino a che la "silicificazione" non progredisca in modo sufficiente. Sovente in questa seconda tipologia di tinta ai silicati non si fa uso di pigmenti bianchi (con elevato potere coprente), di conseguenza risultando semitrasparente potrà rivelarsi valida alternativa alla tinta alla c alce specialmente in ambienti esterni particolarmente aggressivi sia dal punto di vista climatico che atmosferic o. L'invecchiamento di queste pitturazioni si manifesta con un degrado per successivi erosione e dilavamento, c ome per quelle alla calce ma molto più lento e controllato.
*Indicazioni per l'applicazione:* Le tinte ai silicati organici, come le tinte alla calce, non potranno essere applicat e su supporti precedentemente trattati con pitture a base di leganti polimerici (in questi casi prima di eseguire la tinteggiatura sarà necessario rimuovere la vecchia pellicola pittorica mediante spazzolatura, raschiatura e /o sabbiatura controllata fino ad asportazione completa).
Intonaco antico di malta di calce aerea e/o idraulica e in buono stato di conservazione: si potrà procedere, p revia leggera pulitura ed eventuale spazzolatura con scopa di saggina dura al fine di asportare ogni residuo di polvere, direttamente alla stesura della mano di fissativo ai silicati e di due mani di tinta, opportunamente

diluite, stese con estrema accuratezza (il colore dovrà essere steso sempre nello stesso verso orizzontale o ver ticale, senza ripassare troppe volte sullo stesso punto, bisognerà fermarsi allorché la superficie diventa di nuo vo assorbente) e a 12 ore (meglio dopo 24 ore) di distanza l'una dall'altra. In alterativa al fissativo ai silicati la superficie potrà essere preparata con una o due mani di un composto a base di acqua, latte bollito e calce idrata nelle seguenti proporzioni: acqua 20 l, latte bollito 65 l, grassello di calce 25 $dm^3$, calce idrata in fior e 30 $dm^3$. Nel caso in cui siano presenti alghe, funghi, muschi, licheni sarà necessario bonificare e/o disinfesta re l'intonaco con idonei biocidi.
Intonaco nuovo di malta di calce aerea e/o idraulica: è opportuno, prima di procedere alla stesura del fissati vo ai silicati e alla doppia mano di tinteggiatura, attendere almeno 4 settimane dal completamento dello stes so; nel caso l'intonaco fosse realizzato in malta bastarda (calce e cemento) o di solo cemento è, inoltre, consig liabile provvedere ad un trattamento al fine di neutralizzare l'alcalinità e abbassare il pH dell'intonaco. Ques ta operazione risulta particolarmente indicata in caso di rappezzo di intonaco eseguito con malta bastarda: in quest o caso, infatti, è basilare uniformare il ph dell'intonaco così da evitare un diverso grado di igroscopicità tra intonac o antico e nuovo rappezzo ed il conseguente fenomeno della comparsa di macchie a tinteggiatura ultimata.
Superfici non omogenee (rappezzi): l'applicazione di queste tinteggiature (fissativo + 2 mani di tinta) su supe rfici non omogenee, caratterizzate da rappezzi realizzati in epoche diverse od in presenza di efflorescenze s aline, dovrà essere preceduta da un trattamento di fluatazione tramite l'utilizzo di fluosilicati di magnesio e a lluminio, allo scopo di trasformare i sali solubili in acqua in composti insolubili, in tal modo vengono bloccate ul teriori possibilità di sviluppo di efflorescenze saline e, nello stesso tempo, viene omogeneizzata la struttura chi mica del supporto, garantendo lo stesso livello di reattività alcalina. Il supporto su cui intervenire non dovrà, in oltre, presentare residui di pitturazioni sintetiche. Il trattamento con fluatanti è a base acida contrariamente al le pitture ai silicati che sono a base alcalina per cui è fondamentale evitare il contatto diretto tra pittura e flu atante ancora bagnato. In alternativa al lavaggio fluatante, dietro specifica indicazione delle D.L., si potrà o perare un accurato lavaggio con acqua possibilmente calda e vaporizzata del vecchio intonaco avanti l'esecu zione dei rappezzi e, cosa indispensabile, lasciare stagionare per almeno 4 settimane la superficie rappezzata.
Pietre naturali: prima di procedere si dovrà accertare che la superficie sia opportunamente asciutta, compatt a, ben pulita, esente da efflorescenze saline. Dopo un pre-trattamento con fissativo ai silicati di procederà al l'applicazione di due mani di tinta.
*Specifiche:* Prima di iniziare la tinteggiatura ai silicati sarà opportuno schermare con cura le parti che non dov ranno essere dipinte (in particolar modo le parti in vetro, in pietra, in ceramica e in metallo), gli eventuali spru zzi dovranno inoltre essere rimossi celermente con abbondante acqua e non lasciati asciugare in quanto la pit tura al silicato risulta irreversibile una volta asciutta.

**7. Applicazione trattamento antigraffito**
I graffiti, generalmente presenti sulle superfici dei materiali che rivestono gli edifici, sono realizzati mediante vernici spray e pennarelli indelebili e, come tali, particolarmente difficoltosa potrà risultare la loro asportazio ne; l'uso di solventi o della sabbiatura, anche se in parte metodi efficaci, risulteranno tecniche troppo aggressi ve tanto da alterare la natura stessa del supporto.
Al fine di agevolare la rimozione di queste vernici, si potrà preventivamente trattare la superficie (pietra, lat erizio ed intonaco) mediante formulati capaci di limitare i danni provocati dai graffiti ovvero impedire l'assor bimento delle vernici e degli inchiostri da parte del materiale; questi prodotti potranno essere permanenti (re sistendo a più cicli di pulitura) o sacrificali (la loro durata si limiterà ad un solo intervento di pulitura). I protett ivi permanenti si comporranno di sostanze fluorurate (alchilfluorosilano), resine poliuretaniche e miscele di resi ne sintetiche; quelli sacrificali invece, da cere microcristalline, polisacaridi, resine acriliche e sostanze siliconich e. In entrambi i casi, i prodotti utilizzati dovranno essere: trasparenti (il più possibile in modo da non alterare l'aspetto cromatico della superficie), impermeabilizzanti, traspiranti, oleofobici e capaci di consentire la rimoz ione del graffito ricorrendo a tecniche che non implichino apparecchiature specifiche. Il prodotto, che dovrà es sere messo in opera su superfici pulite ed asciutte, potrà essere applicato a pennello, rullo o a spruzzo; la tem peratura di applicazione dovrà essere compresa tra i +5 °C e i +35 °C e in assenza di fenomeni come: sole battente, pioggia o vento. Dovrà, inoltre, essere resistente ai raggi UV e non originare solventi durante l'appli cazione. Dopo la stesura, il prodotto dovrà asciugarsi e stagionarsi (il tempo sarà relazionato alle diverse tip ologie di materiale) dopodiché risulterà efficace. La tecnica di rimozione del graffito dal protettivo antigraffi to dipenderà dal tipo di prodotto utilizzato; generalmente per i protettivi non sacrificali verrà utilizzato lo sp ecifico remover, asportato poi con acqua e spugna, mentre per quelli sacrificali potrà essere sufficiente acqu a calda, spugna ed eventualmente spazzolino a setole morbide.
*Specifiche:* L'uso di protettivi sacrificali, in virtù della loro estrema reversibilità, risulterà particolarmente adatt o per edifici di valenza storica.

**8. Sagramatura**
La procedura si pone l'obiettivo di proteggere e regolarizzare gli apparecchi "faccia a vista" in mattoni: avr à come caratteristica principale quella di lasciar trasparire la trama muraria dell'apparecchio retrostante. Qu

esta leggerissima velatura verrà realizzata applicando, su muratura abbondantemente bagnata, con l'ausilio di cazzuola o lama metallica, uno strato di malta molto sottile (circa 1-2 mm), rifinito e lisciato con cazzuola a mericana o rasiera in legno in modo da seguire le irregolarità della cortina a mattoni.
L'impasto sarà a base di calce aerea in pasta e polvere di cocciopesto, ad esempio, per sagramatura a velo (spessore 1-1,5 mm) si potrà ricorrere ad un impasto composto da: 1 parte di grassello di calce; 1,5 parti di cocciopesto vagliato e lavato (granulometria impalpabile 000-00 mm) eventualmente pigmentato (massimo 5 %) con terre naturali (terre rosse ventilate, terra di Siena bruciata, terre d'ombra ecc.) al fine di ritrovare l'int ensità cromatica preesistente. In presenza di cortine non perfettamente arrotate o nel caso si debba mettere i n opera una sagramatura semi trasparente (in ogni caso spessore massimo 2-3 mm), si potrà impastare 2 part i di grassello di calce; 0,5 parti di calce idraulica naturale bianca NHL 2; 4 parti di cocciopesto vagliato e la vato (granulometria polvere 0-1,2 mm), anche questo impasto potrà essere eventualmente additivato con pig menti naturali. In ogni caso per la buona riuscita della procedura sarà opportuno dedicare attenzione alle op erazioni preliminari di preparazione del supporto ovverosia: accurata pulitura (se non diversamente specificat o negli elaborati di progetto) con spazzole di saggina e spray di acqua deionizzata; eventuale, successiva, ri mozione (eseguita con l'ausilio di martelline, mazzette e scalpelli od altri strumenti esclusivamente manuali) del le malte degradate dei giunti e successiva stuccatura puntuale (con malta pigmentata o caricata con cocciope sto) di ogni soluzione di continuità presente sull'apparecchio murario; la stuccatura dovrà essere particolarmen te curata ed eseguita da mano esperta; l'impasto che potrà essere steso con l'ausilio di cazzuolino cucchiarott o o piccole spatole a foglia d'olivo sarà costituito da calce aerea sabbia silicea vagliata e lavata e polvere di cocciopesto (granulometria 0-1,2 mm) in rapporto legante-inerte 1:3 (per maggiori dettagli sulla stuccatur a di elementi in cotto si rimanda alla procedura specifica).
La tecnica tradizionale prevede la lisciatura eseguita mediante levigatura a mano con altro mattone più duro mantenendo al contempo bagnata la superficie affinché le materie (strato di malta e polvere di sfregamento) si possano impastare e colorare uniformando la cortina muraria.
*Avvertenze:* Sovente, a lavoro ultimato, si potrà riscontrare una mancanza di compattezza e uniformità nel col ore causato dalla sagramatura; nel caso si volesse compattezza ed uniformità cromatica si potrà trattare la s uperficie con un passaggio di acqua sporca di terra colorante cosicché lo strato di malta possa assumere l'unit à cromatica richiesta dagli elaborati di progetto (per maggiori dettagli sulla tecnica dell'acqua sporca si rim anda alla procedura specifica).

**9. Patinatura**
L'operazione di patinatura sarà eseguita mediante spolvero di pozzolana allo scopo di rendere (mediante ve latura di colore) le eventuali integrazioni non troppo discordanti dagli elementi originali e, allo stesso tempo, di unificare il grado di porosità con conseguente diverso assorbimento d'acqua piovana e umidità di risalita tr a i materiali originali e quelli di restauro.
Dopo aver ben pulito con spazzole di saggina ed acqua i residui di malta presenti sulla cortina si procederà a gettare a mano, sulla superficie ancora umida, la polvere di pozzolana vagliata e ben asciutta (granulomet ria 0-1 mm) la quale si attaccherà in modo omogeneo sulla parete umida restando inglobata nel velo di carb onato presente sulla superficie della cortina. Passate una o due settimane la polvere non inglobata verrà rimo ssa mediante pennellessa morbida da imbianchino, alla fine del cantiere (quando si smonteranno i ponteggi) s i ripasserà sulla superficie con una leggera spazzolatura mediante spazzole di saggina.

**10. Trattamento con olio di lino crudo e cere naturali**
Il trattamento protettivo, (rivolto in modo particolare ai pavimenti in cotto) dovrà sempre avvenire su pavimen to perfettamente pulito ed asciutto; pertanto sarà necessario intervenire, preventivamente, all'asportazione di sostanze inquinanti (efflorescenze saline, crescite microorganiche, concrezioni ecc.) o più generalmente con un t rattamento di pulitura, sgrassatura o deceratura (al fine di rimuovere tutti i depositi superficiali compresi i resi dui di trattamenti precedenti utilizzando ad esempio acqua deionizzata e spazzole morbide, prodotti sgrassa nti, deceranti e sfilmanti), inoltre dovranno essere stuccate le eventuali cavità o fessurazioni presenti sugli elem enti in cotto e, se indicato dagli elaborati di progetto, gli stessi dovranno essere trattati mediante un consolid amento a base di silicato di etile. Passati almeno 20-30 giorni, dall'eventuale consolidamento a base di silicat o di etile si potrà applicare (con l'ausilio di stracci, pennelli o rulli) una prima mano di olio di lino crudo in solu zione al 10% con acquaragia, ed una seconda mano al 20% sempre in soluzione di acquaragia, da effettuar si solo dopo l'assorbimento del primo passaggio (cioè quando la superficie sarà in grado di assorbire ancora, dopo circa 3-4 h), passati circa 20-30 minuti dall'ultima passata, l'eventuale, eccesso di prodotto non assorbit o verrà tolto con un pennello od un panno pulito. A superficie perfettamente asciutta (circa 6-8 giorni) si appli cherà la stesura finale di cera naturale animale o vegetale (tipo cera d'api o cera carnauba) o minerale (cer a paraffina o microcristallina) in modo uniforme, l'applicazione della cera dovrà essere ripetuta due o più vol te (consumo medio del prodotto 10-20 l/m² in ragione del grado d'assorbimento del supporto), ad intervalli di 4/5 ore una dall'altra con minime quantità così da permettere il perfetto assorbimento. Se non diversamen te specificato dagli elaborati di progetto si utilizzerà la cera d'api naturale diluita in acquaragia vegetale o

essenza di trementina sia come finitura (o manutenzione ordinaria) di superfici lignee impregnate o laccate, si a su superfici in cotto o pavimenti in battuto alla veneziana. Ad avvenuta essiccazione si passerà all'operazio ne di lucidatura con panno o spazzola morbida.
In alternativa si potranno utilizzare le cere microcristalline le quali presenteranno migliori caratteristiche rispet to a quelle animali (cera d'api), repellenza verso l'umidità e verso i depositi superficiali, trasparenza, reversi bilità anche dopo molto tempo, proprietà di flessibilità alle basse temperature, buona stabilità ai raggi UV, g eneralmente utilizzate in soluzione al 40% in toluene o in soluzione al 20% in ragia vegetale.
Le manutenzioni dei pavimenti in cotto andranno ripetute periodicamente. Previo lavaggio con blando deterg ente liquido non schiumogeno, sui pavimenti interni si effettuerà la stesura di cera liquida emulsionata alla qu ale seguirà lucidatura con feltro o panno di lana.

**11. Protezione di cornici ed elementi decorativi aggettanti**
La protezione delle cornici e degli elementi decorativi aggettanti, al fine di ovviare all'infiltrazione delle acq ue meteoriche, potrà essere realizzata ricorrendo all'ausilio di elementi in metallo, comunemente denominati "scossaline", piegati e sagomati secondo le specifiche necessità. I materiali comunemente utilizzati sono: il pio mbo, il rame e la lamiera zincata. La procedura prevede la messa in opera, sull'elemento da proteggere, di una lastra (spessa circa 1,5 mm) più larga della superficie da coprire (almeno 10 cm per parte) tagliata e sa gomata in opera. Nel caso in cui debbano essere protetti elementi aggettanti addossati alla muratura si proc ederà alla realizzazione di uno scasso (profondo non meno di 3 cm), lungo il profilo dell'aggetto, necessario per poter murare la lamina; lo scasso dovrà essere adeguatamente richiuso tramite accurata stuccatura rifinit a a sguscio così da evitare gli inconvenienti legati al ristagno dell'acqua.
Dopo aver sagomato la lamina sulla superficie, si procederà ripiegando la parte eccedente del foglio di pio mbo sul bordo dell'aggetto (praticando dei tagli così da consentirne la piegatura) utilizzando, per questo, un a tavoletta di legno appoggiata sul lembo piegato battendola, lievemente, con un'altra tavoletta in modo da farla meglio aderire alla superficie. Il materiale in eccesso potrà essere tagliato utilizzando un ferro piegato ad L dotato di punta sull'estremità: il passaggio del ferro sull'estradosso dell'aggetto garantirà il taglio della lamina. Le sovrapposizioni delle parti ripiegate potranno essere fermate tramite graffette così da impedirne i l movimento. Si procederà poi nella pulitura, mediante spazzola metallica, dei lembi da saldare così da rend erli scabri; la superficie dovrà essere scaldata con un cannello a gas applicando contemporaneamente la ste arina (in modo da garantire la perfetta adesione del metallo al riporto), infine si fonderà una barretta comp osta di una lega di stagno e piombo sul giunto da sigillare. La perfetta adesione e stabilità delle protezioni s ommitali delle superfici aggettanti (specialmente se di considerevoli dimensioni) potrà essere ulteriormente ga rantita con la messa in opera di tasselli chiodati di cui si dovrà provvedere a proteggere la testa con un retta ngolo di piombo saldato alla lastra principale in modo da ostruire i fori, evitando possibili infiltrazione di acqua.

**12. Coperture provvisionali - Protezione dei siti archeologici**
La procedura prevede la messa in opera di particolari presidi di protezione al fine di salvaguardare i materi ali e le strutture architettoniche dagli effetti delle condizioni patologiche generate da cause non direttamente affrontabili e risolvibili nell'ambito dell'intervento come, ad esempio, la presenza di sostanze inquinanti nell'at mosfera, le piogge acide, il ruscellamento delle acque piovane ecc. Nei siti di scavo archeologico o in presenz a di manufatti ridotti allo stato di rudere risulterà essenziale la messa in opera di ripari, tettoie temporanee s tagionali o fisse per evitare l'azione delle piogge e ridurre gli effetti delle variazioni termiche e del particell ato atmosferico.
Nella scelta della tipologia di copertura da adottare si dovrà tenere conto della natura e dello stato di conse rvazione di ciò che necessita di protezione e delle effettive condizioni climatiche del luogo, evitando di utilizz are materiali che potrebbero innescare interazioni chimiche e fisiche con quanto è stato ritrovato; dovrà, inoltr e, essere valutata la durata di esercizio del sistema di protezione poiché esiste una sostanziale differenza tra le coperture temporanee messe in opera in funzione degli interventi connessi con il cantiere archeologico (scav o, restauro ecc.) da quelle che dovranno poi permanere anche a lavori ultimati al fine di garantire una conser vazione prolungata del sito.
Le coperture provvisionali comprenderanno: teli e strutture in elevazione.
I teli in nylon, polietilene (PE) o in fibre di polipropilene (PP) trasparenti, bianchi, neri, blu o verdi sono facili d a applicare, offrono la possibilità di adattarsi a diverse situazioni; risultano essere impermeabili all'acqua e all'aria, sono capaci, inoltre, di fornire una buona resistenza all'azione meccanica di piogge molto forti. L'imp ermeabilità del materiale può essere la causa di pericolosi ristagni di acqua, causati da forti acquazzoni, nell e zone caratterizzate da superfici articolate; in questo caso la pressione del liquido solleciterà sia le strutture protette sia il telo che potrebbe strapparsi causando pericolose e inevitabili infiltrazioni. Per questo risulterà di basilare importanza la corretta messa in opera dei teli ed il loro periodico controllo dello stato di conserva zione così da poter provvedere alla manutenzione o, se necessario, sostituzione.
In linea generale, se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S., si utilizzeranno teli in polietilene o in fibre di polipropilene di colore scuro, di medie dimensioni (2x2 m o 3x3 m) e solo per il tempo strettamente n

ecessario a proteggere i reperti dalle precipitazioni o per impedirne l'asciugatura. L'uso di teli per protegger e aree direttamente esposte all'irraggiamento solare è sconsigliato, in particolare si dovrà escludere l'uso di t eli trasparenti nel caso di reperti organici o dipinti murali a secco. Nel caso di utilizzo di teli per protezione di reperti inorganici sarà conveniente apporli sollevati di qualche centimetro dalle strutture da proteggere poich é il mancato riciclo dell'aria potrebbe implicare la creazione di un microclima, tra telo e strutture, tale da fav orire lo sviluppo di colonie batteriche e il lento disfacimento degli elementi che costituiscono i ritrovamenti. È o pportuno, nel caso di permanenza prolungata dei teli sui reperti, effettuare un preventivo trattamento antibio tico per ovviare ad eventuali attacchi biologici e, quando possibile, interporre tra il telo in plastica e le struttu re da proteggere un geotessuto.
In alternativa ai teli in polietilene potranno essere usati geotessuti e tessuto-non-tessuto ovvero teli in fibre sal date di poliestere o di polipropilene, permeabili, bianchi; se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S. si potranno impiegare come protezione a contatto temporaneo, dalle polveri, dai materiali di risulta ma anche dall'azione meccanica delle piogge e dall'eventuale calpestio. In linea generale si impiegheranno teli d i dimensione non superiore a 4-5 m² adagiandoli sulle superfici dei manufatti in modo tale da seguirne i profi li, non dovranno essere messi in tensione così da non danneggiare eventuali creste di muro decoese. In caso di pioggia dovranno necessariamente essere rimossi dal manufatto, prima del loro nuovo posizionamento dovran no essere fatti asciugare e spolverati; se le precipitazioni piovose diventano cospicue e frequenti dovranno essere coperti da teli in polietilene o in fibre di polipropilene. Anche per questo tipo di teli si renderà necessario il period ico controllo dello stato di conservazione così da poter provvedere alla manutenzione o, se necessario, sostituzione.
Le protezioni in elevazione saranno, in linea di massima, caratterizzate da una struttura portante verticale che sostiene una struttura di copertura (tettoia). La struttura di copertura, indipendentemente dalla tipologia presc elta (a capanna, a falda unica ecc.), dovrà possedere la prerogativa di essere reversibile ovvero, offrire la p ossibilità di essere montata e smontata senza arrecare nessun danno al sito, di essere neutrale, vale a dire ess ere la più semplice possibile (evitando qualsiasi esercizio formale) e possedere un'altezza (tra i 3,5 m e i 4 m, altezza minima frequentabile 2,20 m) tale da consentire tutte le operazioni legate al cantiere archeologico, c ome le procedure di scavo, le procedure di conservazione e quelle di documentazione come le riprese zenitali.
La tettoia, se non diversamente specificato dalla D.L. o dalla D.S., dovrà essere dotata di un sistema di raccol ta e deflusso delle acque meteoriche le quali dovranno essere condotte lontano dall'area archeologica e scar icate in appositi pozzetti di raccolta. Nel caso di siti ancora aperti sarà necessario che la tettoia sia abbastan za ampia in modo da garantire l'eventuale sviluppo dello scavo. In linea generale il perimetro della copertur a non dovrà superare i 30/35 m², per estensioni maggiori si potrà ricorrere alla combinazione di più moduli contigui. Le strutture di copertura dovranno assicurare stabilità tanto da sopportare le sollecitazioni anche di f orti venti o precipitazioni nevose, pertanto i punti di appoggio della struttura portante verticale dovranno ave re una distanza tra l'uno e l'altro non superiore a 150 cm. La trasparenza della copertura dovrà essere tale da agevolare le operazioni di scavo evitando però di implicare la crescita di vegetazione (macro e microflor e) nel sito (non dovranno per questo essere eccessivamente trasparenti).
Le coperture in elevazione se non diversamente specificato, potranno essere realizzate con una struttura porta nte verticale in metallo zincato (ad es. sistema dei tubi innocenti con diametro esterno minimo 49 mm) ed orizz ontamenti in materiale sintetico (polietilene, nylon ecc.) o metallico (lamiera grecata o microdogata) anch'esso zincato o quantomeno trattato con prodotto anti-corrosivo. L'inclinazione della tettoia, se non diversamente sp ecificato dalla D.L. o dalla D.S., dovrà essere minimo del 10% (per ogni metro lineare) nel caso siano previste solo precipitazioni piovose e del 20-25% qualora siano previste anche precipitazioni nevose. Queste copertur e, di facile impiego e di rapida messa in opera, offrono la possibilità di adattarsi alle diverse esigenze di sc avo. Qualora la protezione temporanea sia ubicata all'interno di un'area pubblica o, in ogni caso, accessibile al pubblico, dovrà, necessariamente, essere dotata di idonea recinzione: questa, a seconda del luogo e delle necessità operative potrà essere realizzata con pannelli di lamiera grecata o microdogata, con rete o membr ane in polipropilene o in polietilene estruso ad alta densità (HDPE) per recinzione dei cantieri, ovvero con altr o sistema da concordarsi con la D.L. o la D.S.
*Specifiche sui materiali:* La categoria dei geotessuti comprenderà i prodotti ottenuti dalla combinazione di fibr e di poliestere e caratterizzati da una forte resistenza alla trazione, di norma utilizzati per costituire strati filt ranti, di separazione (interfaccia tra strati archeologici e strati di materiale di riporto), contenimento, drenag gio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, rinterri di scavi ecc.) ed in coperture ovvero per fode rature. Si distingueranno in:
– tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
– non-tessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si avranno non tessuti otten uti da fiocco o da filamento continuo.
Tessuti-non-tessuti, prodotti composti da sottili filamenti di polipropilene stabilizzato ai raggi UV, saldati tra lo ro per termo-pressione. Si presenteranno come teli non tessuti, ma formati da una massa disordinata molto mo rbida e resistente, traspirante e alcuni potranno essere dotati di una buona permeabilità all'acqua. Nelle gra mmature medio basse (15-30 g/m²) potranno essere utilizzati per protezione a contatto di reperti mobili.

**13. Protezione delle creste dei muri**

Lo scopo che si prefigge tale procedura è quello di garantire la conservazione delle sommità dei muri e delle parti in vista dei manufatti architettonici ridotti allo stato di rudere tramite la realizzazione di "superfici di sac rificio" che si degradano, nel tempo, al posto della muratura sottostante. Le porzioni di muratura superiori, so prattutto quando si tratta di manufatti archeologici, costituiscono la parte più debole e più esposta al degrad o, quella che più di altre è soggetta a subire l'azione meccanica della pioggia e l'aggressione dalle erbe infe stanti; per questo, in assenza di un'adeguata protezione, l'infiltrazione delle acque e la disgregazione delle malte avviano il lento disfacimento della muratura. Le diverse tipologie di intervento indirizzate a salvaguard are le creste dei muri sono accomunate da alcuni accorgimenti preliminari indispensabili al fine di garantire la buona riuscita della specifica operazione di protezione. Indipendentemente dalla risoluzione che verrà presce lta, l'intervento di protezione dovrà risultare in ogni sua parte facilmente riconoscibile distinguendosi chiarame nte dalla preesistenza così da non ostacolare e confondere la leggibilità dei muri e l'analisi stratigrafica.

*Operazioni preliminari*

Rilievo dello stato di fatto: pianta al livello del terreno e della cresta, sezioni verticali (intervallate ogni 30-6 0 cm) per tutta la lunghezza della cresta da proteggere;

– asportazione delle eventuali erbe infestanti presenti nella zona sommitale della muratura, verificando, prev entivamente, se i loro apparati radicali si sono sviluppati in profondità, ramificandosi all'interno della muratur a tanto da contribuire all'effettiva stabilità della struttura. La rimozione della vegetazione e delle eventuali in crostazioni di licheni nocivi rinvenuti (ricorrendo a trattamenti biocidi) dovrà essere realizzata seguendo quant o riportato negli articoli specifici;

– pulitura meccanica della superficie ricorrendo all'utilizzo di spazzole di saggina o di aspiratore e successivo lavaggio con acqua deionizzata allo scopo di rimuovere lo sporco rinvenuto (terra e depositi vari) seguendo l e indicazioni riportate negli articoli specifici;

– consolidamento ed, eventuale, integrazione della muratura se necessario procedendo seguendo le indicazio ni riportate negli specifici articoli;

– stuccatura delle eventuali fessure presenti tra i diversi elementi (previa rimozione della malta ammalorata) utilizzando malta di calce (eventualmente addizionata a cocciopesto) o con stoppa imbevuta di calce.

**13.1. Protezione delle creste dei muri con la messa in opera di bauletto di malta**

Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, questo tipo di protezione si effettu a mediante la realizzazione, al disopra della cresta muraria, di uno strato di malta modellato a "schiena d'as ino" (bauletto di malta), alto circa 10-15 cm e caratterizzato da una superficie omogenea, allo scopo di agev olare lo scorrimento delle acque piovane. La composizione della malta da impiegare dovrà avere un rapport o legante/inerte 1:3: il legante potrà essere costituito da una combinazione, in proporzione del 50%, di calce idraulica e calce grassa con inerti preferibilmente ricavati dalla triturazione di pietre analoghe a quelle costit uenti la muratura da proteggere, così da evitare fenomeni dovuti ad una incompatibilità fisico-meccanica tra l a malta e la muratura antica (ad esempio: 2 parti di calce idraulica naturale, 2 parti di grassello di calce, 12 parti di sabbia lavata e vagliata oppure, in alternativa, 0,5 di calce idraulica naturale, 0,5 di grassello di ca lce, 1 parte di pietra calcarea a grana media, 1 parte di pietrisco a grana grossa, 1 parte di sabbia a gran a fine). Le crettature da ritiro potranno essere ovviate aggiungendo al composto prodotti antiritiro così da evi tare inconvenienti riconducibili all'infiltrazione dell'acqua all'interno della muratura. Al fine di garantire una m aggiore protezione alla cresta potrà essere inserita, tra la muratura e il bauletto, una lamina di piombo. Nel caso in cui si tratti di proteggere una cresta particolarmente estesa in lunghezza (oltre i 10 m) sarà opportuno interrompere il bauletto (ogni 6 m) interponendo dei giunti di dilatazione opportunamente sigillati con materi ale a comportamento plastico/elastico.

**13.2. Protezione delle creste dei muri con la messa in opera di malta e sassi infissi**

La messa in opera di malta e sassi a protezione delle creste dei muri risulta essere, tra le diverse superfici di s acrificio realizzabili, l'operazione più semplice. Dopo aver effettuato le operazioni preliminari precedenteme nte descritte, si procederà alla messa in opera, direttamente sulla superficie della cresta, di una guaina (o tes suto-non-tessuto), il cui scopo dovrà essere quello di assolvere una funzione strutturale (impermeabilizzante) co sì da prevenire l'eventualità sia di dannose infiltrazioni di acqua agevolate dal profilo frastagliato della cres ta, sia di delimitazione dell'intervento facilitandone, allo stesso tempo, la rimozione. Al di sopra della guaina dovrà essere steso uno strato di malta (alto circa 5-8 cm) nel quale saranno infissi o sassi o frammenti di lateri zio, in maniera tale da inglobarli, ma non ricoprirli, nella malta. La malta dovrà essere di calce idraulica natu rale (o contenere limitate quantità di cemento bianco) all'occorrenza addizionata con prodotti antiritiro così d a evitare il probabile inconveniente di crettature da ritiro e da gelività, causa principe di infiltrazioni d'acqua all'interno di murature. La composizione della malta dovrà tener conto delle caratteristiche fisiche e meccanich e del materiale costituente la muratura da proteggere allo scopo di evitare danni riconducibili ad una incomp

atibilità materica tra le due superfici. Lo scopo dei sassi è quello di ovviare ad una monotona uniformità delle superfici così da rendere la linea delle creste più frastagliata.
In relazione al materiale (sassi) che verrà messo in opera, varierà la composizione della malta: per pietre cal caree si potrà utilizzare una malta rapporto legante inerte 1:2,5 (3 parti di calce idraulica naturale, 1 parte di grassello di calce, 10 parti di sabbia lavata e vagliata); nel caso di pietre silicee la malta potrà avere un rapporto legante inerte 1:3 (2 parti di calce idraulica naturale, 1 parte di cemento bianco, 12 parti di sabbi a lavata e vagliata); per la messa in opera di laterizi la composizione della malta potrà avere un rapporto l egante inerte 1:2,5 (1 parte di calce idraulica naturale, 3 parti di grassello di calce, 2 parti di cocciopesto, 8 parti di sabbia lavata e vagliata).
L'operazione si concluderà con l'applicazione (per infiltrazioni o pennellature) del trattamento protettivo idror epellente delle superfici; tale trattamento dovrà essere ripetuto nel tempo ad intervalli regolari così da mant enere l'efficacia e la durata della protezione.

**13.3. Protezione delle creste dei muri utilizzando strati di sacrificio**
Dopo aver eseguito le operazioni preliminari precedentemente descritte si procederà alla messa in opera, so pra alla cresta del muro, di uno spessore costituito da più filari (da 3 a 5 in relazione all'altezza del muro da proteggere), in laterizio o pietra. La procedura consiste nel posizionamento di più strati sovrapposti di altezz a costante seguendo la linea frastagliata della parte sommitale del muro. La scelta del materiale che costituir à i diversi strati dovrà essere fatta tenendo conto che, ad intervento ultimato, la copertina dovrà ben distingu ersi dalla muratura; tenendo presente questa priorità, i diversi filari potranno essere realizzati in diversi modi, ad esempio ricorrendo a materiali della stessa natura di quello presente nella muratura ma diversi per gran dezza, con materiale reperito in situ da eventuali crolli, oppure differenti dall'originale tenendo conto però, c he tale soluzione potrebbe comportare inconvenienti legati all'incompatibilità materica con la preesistenza. La malta da utilizzare per allettare i diversi filari dovrà essere tale da possedere caratteristiche meccaniche simi li a quelle della muratura sottostante così da evitare fenomeni degenerativi riconducibili ai diversi comportam enti delle due superfici. La copertina dovrà essere, infine, sottoposta a trattamento protettivo idrorepellente (per pennellatura o per infiltrazione) ripetuto, ad intervalli regolari, nel tempo. Al fine di demarcare meglio il confine tra la struttura e la copertina e, allo stesso tempo, garantire una buona impermeabilizzazione della m uratura da proteggere, potrà essere interposta, tra la cresta e i filari, una guaina.

**14. Dissuasori per volatili**
Lo scopo che si prefigge tale procedura è quello di dissuadere la sosta e la nidificazione di piccioni, tortore, c olombi di città, gabbiani ecc. i quali, colonizzando il manufatto, provocano accumulo di materiale organico ch e, tramite l'azione acida e corrosiva amplificata sia dall'instaurarsi di microrganismi (il guano offre un terreno di coltura ideale sia per gli ectoparassiti quali acari, pulci, cimici e zecche, sia per la proliferazione di organis mi microscopici, quali batteri, virus, muffe e funghi, generando un pericolo per il personale che frequenta le ar ee contaminate), sia dalla non trascurabile azione meccanica distruttiva delle unghie degli animali stessi che sc alfiscono la superficie dei materiali, costituisce una minaccia permanente per i manufatti, causando, talvolta, d anni anche irreversibili. Le zone di accumulo corrispondono, di norma, alle parti superiori degli aggetti, agli el ementi di ornato e a zone della fabbrica difficilmente accessibili e, pertanto, ampiamente utilizzate dai volati li per la sosta e la nidificazione. In linea generale i sistemi di dissuasione o allontanamento volatili dovranno e ssere efficaci, esteticamente "invisibili", duraturi nel tempo ossia non essere danneggiati da agenti inquinanti presenti nell'atmosfera, di facile istallazione e non offensivi per gli animali.
*Operazioni preliminari comuni sia a dissuasori meccanici che elettrostatici*
– Pulitura accurata delle superfici con asportazione meccanica delle eventuali incrostazioni e spazzolatura co n spazzole di saggina o aspiratori e successivo lavaggio con acqua seguendo le indicazioni riportate negli art icoli specifici.
– Consolidamento ed eventuale integrazione di parti seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici.
– Accurata stuccatura delle eventuali fessure presenti tra i diversi elementi impiegando malta di calce idraulic a naturale e sabbia di origine alluvionale, seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici.

**14.1. Protezione delle superfici estradossali con sistema meccanico a sproni**
Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, la procedura prevede l'incollaggio con collante siliconico neutro (così da garantire una adeguata aderenza al supporto ed una facile rimozione, i n caso di necessità, senza lasciare macchie e senza provocare alterazioni o degrado sulle superfici), di dissuas ori meccanici composti da banda flessibile in policarbonato e sproni in acciaio inox opacizzato, smontabili, di lunghezza variabile da 10 a 15 cm e diametro di circa 1-1,2 mm. Gli elementi metallici (a spillo singolo, multi spillo o a riccio) non dovranno essere soggetti ad alterazioni causate da fattori climatici o chimici, dovranno, i noltre, essere molto flessibili così da ostacolare la sosta del volatile ma, allo stesso tempo, non provocare ferit e allo stesso. A seconda delle varie esigenze di localizzazione (balconi, modanature di aperture, elementi dec orati, marcapiani ecc.) e previa attenta valutazione sul comportamento del volatile (punti di sosta, nidificazion

e, deambulazione ecc.) gli sproni saranno montati sulla banda più o meno fitti, verticali, orizzontali, incrociati c on varie inclinazioni, singolarmente o su entrambi i lati. La suddetta banda dovrà essere posizionata leggerm ente arretrata rispetto al bordo (così da non essere visibile dal basso) e disposta in modo tale da non consent ire l'atterraggio di volatili.

**14.2. Protezione delle superfici estradossali con sistema di tipo elettrostatico**
Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, la procedura prevede il posiziona mento del sistema elettrostatico che si basa su rapidissimi impulsi elettrici ad alta tensione ma a bassa corrent e funzionanti in corrente continua a 12 volt.
Il funzionamento del sistema è determinato dall'installazione di una centralina elettronica alimentata a 230 vo lt che eroga una tensione di scarica variabile tra 4,0 e 6,0 KV con amperaggio inferiore a 30 mA. La tension e è erogata verso l'impianto ad impulsi variabili, superiori al secondo, utilizzando speciali cavetti per alta ten sione con protezione a doppia guaina in PVC trattata contro i raggi UV e garantiti fino a 25 KV. La distribuzi one avviene tramite il collegamento con tondini in acciaio inox AISI 316, staffe in policarbonato trasparente, antistatico e antiurto, trattate contro i raggi UV, collegate con un apposito cavetto per alta tensione, creando, sulla distribuzione filare a copertura, un efficacissimo deterrente elettrostatico atto ad allontanare qualsiasi v olatile. Grande cura dovrà essere dedicata alla installazione dei materiali, alle loro dimensioni ed alla loro s agomatura, provvedendo prima ad una accurata disinfezione sanitaria a largo spettro di azione, contro tutti i microorganismi patogeni. Nell'installazione dovranno essere tenute in considerazione le abitudini dei volatili, l a tipologia dei materiali da proteggere e l'estetica della costruzione.
Specifiche
L'alimentazione del sistema può essere fornita da un generatore fotovoltaico ad energia solare, la continuità di funzionamento durante le ore notturne può essere garantita da una serie di accumulatori ubicata all'interno della centralina.
Al fine di completare il sistema antivolatili potranno essere installate particolari barriere costituite da reti orni tologiche morbide in fibre polimeriche ad alta tenacità, resistenti agli agenti atmosferici ed ai raggi UV, non i nfiammabili ed esenti da cariche elettrostatiche atte ad impedire l'accesso ai volatili nelle parti più anguste, n elle aperture (ad es. celle campanarie) ovvero a protezione di elementi decorati e/o modellati tipo capitelli, statue, stemmi.

***Art. 33.1. Operazioni di protezione di materiali lignei***

**Generalità**
La salvaguardia del legno dall'attacco di funghi o insetti dovrà garantire la buona conservazione del materia le nel tempo; la protezione del legno avverrà mediante l'utilizzo di sostanze chimiche che lo renderanno tossic o garantendone così la repellenza all'aggressione da parte di funghi, organismi marini e insetti. I protettivi d a utilizzare saranno di vario tipo e potranno essere impiegati in base alla tipologia, l'esposizione e l'esercizio del manufatto da proteggere. Saranno, in ogni caso, da evitare applicazioni di prodotto in forti spessori, in q uanto lo scopo dovrà essere quello di proteggere il legno e non isolarlo dall'ambiente.
I prodotti capaci di preservare i materiali lignei potranno essere; composti chimici semplici o miscele di diversi formulati come ad esempio, le sostanze sintetiche in solventi organici, i sali minerali solubili in acqua e i prodot ti oleosi naturali.

**1. Preparazione del supporto**
Il legno dovrà risultare essiccato; nei legni placcati o compensati non dovrà essere presente, neppure in minia misura, l'acqua contenuta nella colla. Nei trattamenti dei manufatti in legno si dovrà aver cura di verniciare ol tre le superfici in vista anche tutte le loro parti in grossezza; inoltre, nel corso dei trattamenti dei manufatti ste ssi, si dovrà tener conto della eventuale presenza di corpi estranei, quali ad esempio chiodi o simili, ed adotta re ogni accorgimento e provvedimento per evitare futuri danni alle pitture o vernici dipendenti appunto dai p redetti corpi estranei.
*Bagnatura*
La bagnatura dovrà essere effettuata inumidendo la superficie del legno con acqua calda mediante una spu gna; quando la superficie risulterà essiccata si procederà alla eliminazione delle fibrille mediante carta abra siva dei numeri 80-180; la carteggiatura dovrà essere sempre fatta nella direzione delle fibre del legno.
*Carteggiatura di preparazione*
La carteggiatura di preparazione dovrà essere eseguita a secco con carte abrasive dei numeri 80-180, impi egando prima le carte di grana più grossa e procedendo poi con le carte di grana più fina. Ultimata la carte ggiatura dovranno essere eliminati i residui legnosi, vetrosi e di ogni altra natura mediante soffiatura con aria.
*Impregnamento con olio di lino cotto*
Per l'impregnamento dei manufatti in legno dovrà essere impiegato olio di lino cotto, senza addizionare essic canti, coloranti od altre sostanze di qualsiasi natura e specie. L'impregnamento con olio di lino cotto dovrà ess

ere effettuato esclusivamente a pennello. L'olio di lino cotto dovrà essere dosato con ogni cura per evitare sia la scarsa adesione in difetto d'olio, sia una pellicola troppo molle per sopportare i successivi trattamenti in ca so di eccesso d'olio. L'eventuale eccesso d'olio dovrà essere asportato mediante un tampone. I successivi tratta menti di verniciatura non dovranno essere applicati se non prima che siano trascorsi almeno 30 giorni dall'imp regnamento dei manufatti con olio di lino cotto. L'impregnamento con olio di lino cotto non dovrà essere effett uato nel caso che sia impiegato turapori alla nitro.
*Turapori*
L'applicazione del turapori dovrà essere effettuata a tampone e con forza così da assicurare la perfetta ottu razione dei pori. Il turapori dovrà essere applicato prima nel senso trasversale alla fibra del legno e poi nel senso longitudinale. Subito dopo l'applicazione del turapori la superficie trattata dovrà essere ripulita con un panno per eliminare ogni eccesso del prodotto e per ottenere una migliore penetrazione del prodotto stesso. L'applicazione del turapori dovrà essere effettuata prima dell'essiccazione dell'olio di lino cotto impiegato per l'im pregnamento.
*Stuccatura*
Le stuccature, per eliminare limitatissime e consentite difettose formazioni del sopporto, dovranno essere eseg uite con stucco a spatola.
*Carteggiatura di livellamento*
La carteggiatura di livellamento dovrà essere effettuata ad umido con carte abrasive dei numeri 180-220, c on apposite ed idonee emulsioni, oppure con carte abrasive autolubrificanti degli stessi numeri 180-220 e sen za impiego di acqua; ad operazione ultimata si dovrà procedere alla asportazione, con segatura di abete, d i ogni eccesso di liquidi e componenti oleosi della carteggiatura e quindi alla pulizia della superficie con strac ci e con soffiatura d'aria.

**2. Trattamento con prodotti vernicianti**
I sistemi protettivi per il legno in esterni potranno essere classificati in:
– vernici trasparenti (*flatting*) a base di resine sintetiche monocomponenti. Queste vernici per effetto delle rad iazioni solari (causa dell'indebolimento della pellicola pittorica) tenderanno a collassare nei punti critici come nodi, fessurazioni, giunti ecc.;
– vernici semitrasparenti a velatura (impregnanti) alla coppale (soluzioni di resina in essenza di trementina, ev entualmente addizionate con modeste quantità di olio siccativo). Gli impregnanti penetreranno nel supporto, s enza formare pellicola, offriranno una maggiore protezione dai raggi solari, rispetto alle vernici trasparenti per contro, però, potranno risultare più "sensibili" all'azione delle precipitazioni;
– vernici coprenti pigmentate (smalti) a base di resine sintetiche monocomponenti o resine naturali ed oli. I pro dotti a base di resine naturali presenteranno il vantaggio di una minore nocività in fase d'applicazione in conf ronto ai prodotti sintetici ma al contempo avranno tempi d'essiccazione lunghi, perdita di brillantezza e, in alc uni casi, propensione alla formazione di muffe. Gli smalti, grazie all'elevato spessore del film garantiranno un a buona protezione delle strutture trattate, anche se, con il passare del tempo, potranno manifestare crepatur e e scrostature localizzate, soprattutto in corrispondenza dei nodi.
I sistemi coprenti nasconderanno completamente la fibratura ed il colore naturale del legno, le vernici traspar enti e gli impregnanti (sistemi semicoprenti a velatura) saranno utilizzati quando si vorrà lasciare a vista le ve nature della specie legnosa.

Specifiche
*Verniciatura a smalto:* I manufatti dovranno essere sottoposti al seguente trattamento:
a) spolveratura con spazzole di saggina;
b) bagnatura, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1. "Preparazione del supporto";
c) carteggiatura di preparazione, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
d) impregnamento con olio di lino cotto, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
e) applicazione di turapori, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.; solo nel caso di legno di abete se ne po trà omettere l'applicazione;
f) stuccatura, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
g) carteggiatura di livellamento, come specificato nell'articolo PR mli. 1.1.;
h) mano di pittura opaca di fondo;
i) due mani di smalto sintetico; la prima mano di smalto dovrà essere applicata soltanto quando il supporto sa rà perfettamente asciutto e non prima che siano trascorse almeno 24 ore dall'applicazione della mano di fon do. Qualora il colore prescelto sia di tonalità scura, la prima mano dovrà essere di colore visibilmente più chi aro, mentre se il colore finale dovrà essere chiaro la prima mano dovrà essere di tonalità visibilmente più scura.
*Verniciatura con pitture oleosintetiche:* Per la verniciatura di manufatti in legno con pitture oleosintetiche, da ef fettuare solo nei casi specificatamente previsti, si dovrà procedere così come prescritto per le verniciature a s malto, ad eccezione delle due mani di smalto che saranno sostituite con due mani di pittura oleosintetica.

*Lucidatura a spirito e gommalacca:* La lucidatura a spirito dovrà essere effettuata, previa preparazione del su pporto (come alle lettere a), b), c), d), e), f), mediante un tampone di ovatta imbevuto della soluzione di spirit o e gommalacca. Il tampone dovrà essere ripetutamente passato con movimento circolare sulla superficie da l ucidare facendo in modo che ogni passata insista su una superficie già asciutta ed evitando soste del tampon e sulla superficie da lucidare. Ogni qualvolta il tampone risulterà asciutto lo si dovrà inumidire mediante aspe rsione della predetta soluzione. La lucidatura sarà considerata ultimata quando la superficie risulterà a specc hio riflettendo l'immagine. La lucidatura a spirito non dovrà essere eseguita sulle superfici dei manufatti espos te agli agenti atmosferici.
*Verniciature trasparenti:* I manufatti dovranno essere sottoposti al trattamento di preparazione previsto per la verniciatura a smalto (lettere a), b), c), d), e), f), g). Particolare cura sarà posta nella eliminazione dell'eventu ale eccesso di olio di lino. Il trattamento sarà completato con tre mani di vernice trasparente, da applicare a distanza di almeno 24 ore una dall'altra.

**2.1. Trattamento con sistemi pellicolanti**
Il trattamento dovrà, necessariamente, essere preceduto da un'adeguata preparazione del supporto realizza ta mediante pulitura sgrassante al fine di rimuovere ogni traccia di sostanze incoerenti, unti, grassi ecc.; succes sivamente, previa asportazione dei precedenti strati di vernici o pitture in fase di distacco (mediante raschiatu ra manuale o sverniciatura con decapante o altro sistema indicato negli elaborati di progetto), dovranno esse re eseguite le necessarie stuccature con stucco sintetico o colla di legno (per maggiori dettagli sulle stuccature si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico) delle fessurazioni e la carteggiatura della superficie con cart a abrasiva a secco (grana 80-100) al fine di eliminare il materiale eccedente e favorire l'adesione della nuo va pitturazione. Prima dell'esecuzione del trattamento protettivo dovranno essere eseguite eventuali lavorazi oni di ripristino di parti mancanti o eccessivamente degradate (per maggiori dettagli si rimanda a quanto det to nell'articolo sulla tassellatura).
Eseguite le operazioni preliminari, si applicherà, tramite pennello a setola morbida o mini-rulli, il primo strato di pittura, trasparente o pigmentata, eventualmente diluita (ad es. con ragia minerale); particolare attenzione dovrà essere fatta nel coprire uniformemente il supporto e nell'evitare di lasciare colature di materiale. Quan do lo strato di fondo sarà asciutto al tatto (circa 24 ore), ma non completamente essiccato, si procederà ad e seguire la mano di finitura che, secondo le indicazioni di progetto, potrà essere brillante o satinata.
*Specifiche:* L'operazione dovrà avvenire con temperatura ambiente (+5 °C, +30 °C con U.R. inferiore al 70 %), in assenza di vento; le superfici lignee trattate dovranno essere bene asciutte, inoltre, dovranno essere protet te da pioggia battente ed umidità fino a completa essiccazione (almeno 5-6 giorni) del prodotto applicato.

**3. Trattamento con olio di lino**
Questo tipo di protezione verrà realizzata previa ispezione puntuale della superficie al fine di rilevare event uali anomalie (marcescenze, parti mancanti ecc.) o deterioramenti (attacchi di insetti) che, se riscontrati, dovra nno essere opportunamente risolti; dopodiché si procederà con il lavaggio sgrassante della superficie (utilizza ndo soda o altro materiale basico) allo scopo di eliminare tracce di sporco, unto e grasso, ultimando l'operazi one con un lavaggio così da asportare il prodotto sgrassante. La superficie verrà successivamente raschiata (c on l'ausilio di raschietti al fine di eliminare residui di pitture in fase di distacco) e carteggiata (con carta abra siva a secco grana 80) in modo da garantire un maggiore aggrappaggio del trattamento successivo; la stucc atura delle fessure (e dei bordi delle eventuali parti ancora verniciate così da raccordare i dislivelli) potrà es sere realizzata utilizzando stucco all'olio o, in caso di fessure considerevoli, con pasta di legno (polvere di leg no e collante polimerico); dopo l'essiccazione dello stucco la superficie dovrà essere ulteriormente carteggiata allo scopo di togliere il materiale in eccesso.
Sul supporto verrà applicata una prima mano, mediante pennello, di primo fondo impregnante (a base di olio di lino e resine naturali) in particolare sulle parti di legno precedentemente preparate in modo da coprire uni formemente tutta la superficie assicurando la penetrazione all'interno delle venature del legno. Ad essiccazio ne avvenuta (circa dopo 2-6 giorni) previa verifica del suo stato (asciutta al tatto e ben aderente al support o) si procederà alla levigazione della superficie mediante carteggiatura e alla messa in opera del fondo di r iempimento (olio di lino eventualmente pigmentato con minio di piombo nel caso si dovessero raccordare la su perficie pitturata con quella al naturale) mediante pennelli o mini rulli, stuccando con idoneo stucco l'eventuali restanti parti lacunose; quando questo strato risulterà essiccato (2-6 giorni) e carteggiato, asciutto e pulito ver rà applicata una prima mano di finitura (olio di lino eventualmente pigmentato con ossidi di ferro precipitati o terre naturali) con pennelli o mini rulli in modo da coprire tutta la superficie e, ad asciugatura avvenuta, una seconda mano avendo cura di proteggere le superfici dalle intemperie fino ad avvenuto essiccamento. Dopo circa 10-15 minuti dall'applicazione, l'eventuale eccesso di prodotto impregnante (non assorbito dal support o) dovrà essere rimosso con l'ausilio di panno morbido.
*Avvertenze:* L'applicazione del prodotto dovrà essere fatta con temperatura esterna compresa tra i +5 °C e i + 35 °C e, con un'umidità relativa non superiore al 70%, operando gli opportuni accorgimenti protettivi per s uperfici esposte al sole e al vento.

*Specifiche sui materiali:* L'olio di lino è un prodotto naturale essiccativo ricavato dalla *linum usitatissimum*. Olio grasso essiccativo costituito per l'85-90% da gliceridi degli acidi grassi non saturi. In strato sottile si ossida e s olidifica se esposto all'aria; al fine di migliorare il potere essiccativo ed accelerare la formazione della pellic ola si potrà far subire all'olio un principio di cottura a 150-320 °C. L'olio di lino cotto, rispetto a quello crudo ha un colore giallo-bruno rossastro (contro il più o meno giallo di quello crudo) secca in tempi più veloci (circa 24 ore), è più solubile in alcool ma si presenta molto denso e vischioso.

**4. Trattamento con sostanze antitarlo, antimuffa e antifungo**

La superficie lignea in oggetto dovrà essere priva di macroscopiche anomalie che potrebbero provocare l'ins orgenza di degradi a trattamento ultimato (marcescenze, parti mancanti ecc.) e priva di residui di precedenti vernici, cere, grassi e polveri, che dovranno essere rimossi secondo le tecniche esplicate nell'articolo inerente l a pulitura degli elementi lignei. Prima di effettuare il trattamento preservante la struttura dovrà essere puntu almente ispezionata (per tutta la superficie in maniera puntuale) ricorrendo a strumenti come punteruolo, scal pello e martello al fine di saggiare la consistenza del legno, asportarne piccole porzioni da analizzare in lab oratorio e battere il materiale al fine di individuare le zone, eventualmente, attaccate dagli insetti o funghi; s e necessario si potrà ricorrere all'uso della lente d'ingrandimento per osservare gli eventuali fori di sfarfalla mento e il rosume riscontrati (elementi in grado di rivelare la specie d'insetto e se l'attacco è ancora attivo); a ttraverso l'igrometro elettrico da legno sarà possibile misurare il contenuto d'umidità in modo da poter deter minare se esiste o è in atto un attacco fungicida mentre, per accertare il reale stato conservativo si potrà utiliz zare la trivella di Pressler che consentirà di effettuare piccoli carotaggi. È opportuno precisare che l'attacco d a parte di insetti non sempre necessiterà di trattamento poiché alcuni di essi non depositano larve all'interno d el materiale perciò, quando di queste specie (ad es. i Siricidi) si riscontreranno i fori di sfarfallamento signific a che la fuoriuscita è già avvenuta; inoltre occorre tenere conto della datazione del materiale, se l'attacco si riscontra su strutture molto antiche (oltre un secolo) spesse volte non risulterà più attivo. Eseguito l'eventuale co nsolidamento della superficie (stuccature, sostituzioni parziali ecc.) si potrà eseguire la procedura.
Il prodotto utilizzato per la protezione o disinfestazione dovrà presentare un bassissimo grado di tossicità, no n dovrà formare una pellicola superficiale, produrre alterazioni cromatiche e dovrà consentire l'eventuale ap plicazione di una successiva verniciatura. L'applicazione del prodotto, potrà essere fatta a pennello o a spruz zo (in questo caso l'operatore dovrà ricorrere alle opportune protezioni per gli occhi e per le vie respiratorie) in modo da garantire una copertura uniforme della superficie; a tale riguardo potranno essere applicate più mani relazionandosi allo specifico prodotto utilizzato. Ad essiccazione del prodotto avvenuta (in media 4-6 or e) la parte trattata dovrà essere carteggiata (nel senso della venatura del legno ricorrendo all'uso di carta a brasiva di grana 100, 120) al fine di eliminare le eventuali fibre legnose rialzate durante l'applicazione del prodotto. Nel caso in cui all'interno del materiale si dovesse riscontrare la presenza d'insetti si dovrà procede re alla disinfestazione puntuale.

**4.1. Disinfestazione del legno**

Dopo aver individuato con esattezza la tipologia d'insetto presente nel materiale si procederà con il trattame nto disinfestante; questo dovrà essere fatto nel periodo di maggiore attività dell'insetto (generalmente prima vera o inizio estate). I prodotti da utilizzare dovranno presentare una buona capacità di penetrazione all'inte rno del legno (tipo gli insetticidi disciolti in solvente organico), in modo da riuscire ad eliminare le larve e le cr isalidi e, allo stesso tempo, dovranno essere in grado di impedire la penetrazione di altri insetti, per questo il prodotto dovrà essere applicato anche in superficie; l'applicazione del prodotto potrà essere fatta a spruzzo o a pennello per la superficie mentre tramite iniezioni (ricorrendo a siringhe) per garantire la penetrazione al l'interno dei fori creati dagli stessi insetti in modo da assicurare il trattamento anche in profondità; le iniezioni dovranno essere realizzate seguendo le indicazioni specifiche al riguardo dettate dalla D.L. Il trattamento var ierà in relazione alla tipologia di insetto presente (Anobiidi, Termiti del legno secco, Cerambicidi ecc.); i disinf estanti utilizzabili al riguardo potranno essere diversi (impiegati, generalmente, in media 250/300 g/m² di l egno); tra i più comunemente usati si potrà ricorrere a quelli a base di naftalina clorurata, paradiclorobenzol o, ossido tributilico di stagno ecc. Nel caso di termiti sotterranee non sarà sufficiente limitare il trattamento all a struttura colpita ma dovrà essere interrotto il flusso degli insetti dal nido presente nel terreno dell'immobile; intorno a questo dovrà essere realizzata una barriera costituita da preservanti immessi direttamente nel terre no (dove non è possibile verranno realizzati dei fori nel pavimento più vicino al terreno) ricorrendo a prodotti a base di regolatori della crescita capaci di impedire la formazione della chitina in modo che le termiti sopp eriscano al momento della muta. Per ovviare all'attacco del materiale da parte dei funghi, le sostanze utilizza bili potranno essere miscele a base di fluoruri (miscele di floruri con sali arsenicati di sodio); sarà importante, i noltre, mantenere i valori di umidità tra il 10% e il 15% (l'attacco dei funghi si manifesta generalmente quan do il legno raggiunge un'umidità superiore al 20%). L'efficacia della procedura di disinfestazione sarà, in og ni caso, vincolata all'accuratezza della messa in opera e soprattutto al reale sviluppo su tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere le alterazioni dovute ad incastri,

tratti di sega, buchi per chiodi; in questi tratti sarà essenziale porre la massima attenzione affinché il trattamento li coinvolga completamente.
Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto ed in accordo con la D.L. si potrà operare nel seguente modo: s'inserirà tra le due superfici di contatto, oppure sulle sezioni di testa, una pasta composta al 50 % da sale biocida (ad es. utilizzando una miscela composta da fluoruri e sali arsenicati di sodio) e al 50% d' acqua (di norma il consumo di pasta sarà di circa 0,75-0,80 kg/m² di superficie) e si ripasseranno, infine, tutte le connessioni e/o sezioni di testa con la medesima soluzione salina. La procedura operativa dovrà essere seguita dopo 2 anni da un intervento a spruzzo con gli stessi sali, intervento che andrà ripetuto dopo 5 anni dal primo.

**5. Trattamento con sostanze ignifughe**

L'impiego di prodotti vernicianti di protezione dal fuoco, su strutture lignee, è previsto e normato dal DM 6 marzo 1992: "Norme tecniche procedurali per la classificazione di reazione al fuoco e omologazione dei prodotti vernicianti ignifughi applicati sui materiali legnosi".
Il trattamento delle superficie lignee mediante l'applicazione di sostanze ignifughe avrà lo scopo di abbassare la velocità di penetrazione della carbonatazione: le vernici sottoposte alle temperature elevate, presenteranno, infatti, la caratteristica di espandersi generando una schiuma isolante ed incombustibile che creerà uno strato coibente intorno alla struttura trattata. Il tempo di protezione al fuoco (classe della pittura) sarà in rapporto alla natura del supporto e allo spessore applicato; di norma i prodotti utilizzati per una corretta ignifugazione saranno a base di silicati di sodio o di potassio miscelati a talco o caolino (rapporto 80:20), da applicarsi a pennello in tre spalmature.
I supporti oggetto di trattamento dovranno essere preventivamente puliti, asciutti ed esenti da polveri, muffe, grassi, parti marcescenti; al fine di favorire l'aggrappaggio potrà rivelarsi utile irruvidire la superficie mediante leggera carteggiatura.
*Avvertenze:* Sarà necessario che le sostanze ignifuganti non emettano in caso di incendio gas tossici per l'uomo, che assolutamente non corrodano eventuali parti metalliche e abbiano contemporaneamente una buona efficacia biocida.

## Art. 34. Documentazione

***Art. 34.1. Documentazione degli interventi di restauro***

Nell'ottica della documentazione dovrà, necessariamente, assumere fondamentale importanza, specialmente se rapportato al "piano di manutenzione" del manufatto, tutto quanto concerne la registrazione delle informazioni delle operazioni di restauro realmente eseguite.
Le indicazioni generiche riportate sovente nelle schede tecniche di intervento (ad es. consolidamento dell'apparecchio murario con iniezioni di malta a base di calce, oppure consolidamento d'intonaco con resina acrilica) non potranno essere di nessun aiuto per un futuro intervento di manutenzione: esistono, infatti, svariati tipi sia di calce idraulica che d'inerti; diventa, pertanto, fondamentale, oltre che indicare il tipo di calce e di inerte utilizzato, indicare anche il loro rapporto, così da poter dedurre la qualità di malta messa in opera e ricavare utili informazioni. Alla stessa stregua sarà possibile trovare, in commercio, non solo diverse categorie di resine acriliche ma anche varianti dello stesso tipo; ad esempio, la resina acrilica solida è presente in varie tipologie contraddistinte da caratteristiche anche molto diverse tra loro. È facilmente intuibile che, se non verranno indicati il tipo di resina, la sua concentrazione nonché il genere e la percentuale del solvente utilizzato, capire il tipo di penetrazione e la quantità di resina introdotta diventa un'operazione tutt'altro che facile.
Nella documentazione di corredo di fine lavori dell'intervento di restauro dovranno, necessariamente, essere compilate delle schede di restauro (ovvero aggiornare quelle redatte dalla D.L. in fase di progetto) dove sarà cura dell'operatore in contraddittorio con la D.L. appuntare le eventuali modifiche apportate durante i lavori. Nel caso in cui la D.L. non avesse preliminarmente redatto schede di questo tipo sarà cura dell'appaltatore redigerle. Le informazioni peculiari che dovranno essere riportate sono le seguenti:
– *tipo di prodotto utilizzato* con relativo nome commerciale affiancato dall'eventuale sigla industriale e nome della ditta produttrice. Occorre tenere presente che alcune fabbriche producono un'ampia gamma del medesimo prodotto. Questa attenzione dovrà essere adottata non solo per i prodotti di tipo chimico ma anche per le calci, gli inerti e i prodotti premiscelati (intonaci, tinteggiature ecc.);
– *solvente utilizzato* (ad esempio: acqua, acetone, diluenti nitro, trielina, acquaragia ecc.); risulta importante conoscere il tipo di solvente utilizzato dal momento che può influenzare vari fattori tra i quali: la penetrazione della resina nel supporto (se una soluzione è resa più viscosa da un solvente questa riuscirà con più difficoltà a penetrare nel materiale da consolidare). L'eventuale resa "estetica" della resina applicata sulla superficie corticale (effetto perlante); la volatilità e, di conseguenza, il tempo di "essiccazione" della resina; un solvente molto volatile può, a causa della veloce evaporazione, trasportare in superficie la resina dando vita a strati superficiali con conseguente limitata distribuzione della resina in profondità;

– *tipo di diluizione usata* il tipo di concentrazione o di diluizione a seconda se si tratta rispettivamente di soluzi oni (p/v) o emulsioni (v/v); per determinare il rapporto tra legante ed inerte si ricorrerà al rapporto v/v[1] ad es. calce idraulica 1 parte (volume), grassello di calce 3 parti (volume), sabbia silicea lavata 8 parti (volume), coccio pesto 2 parti (volume), il rapporto legante-inerte che ne risulta è pari a 1:2,5; le sabbie impiegate nel l'impasto dovrebbero essere asciutte, se si ricorre a sabbie umide (come normalmente capita in cantiere) si do vrà tenere conto di incrementare il loro volume mediamente del 15-20% rispetto a quello che si sarebbe impi egato nel caso di sabbie asciutte;
– *numero e modalità di applicazione* (a spruzzo, a pennello, a tasca, per percolazione, per iniezione ecc.), que ste informazioni sono utili per verificare l'efficacia o meno di un trattamento nel tempo e per riprodurlo o, eve ntualmente, modificarlo.

***Art. 34.2. Definizioni***
**Dispersione:** miscela eterogenea nella quale il soluto è presente come aggregato di molecole soprattutto soli di costituiti da macromolecole (tipo certe resine sintetiche).
**Soluzione:** miscela omogenea di molecole in cui la componente solida (resina) è disciolta in un solvente liquido (ad. es. acqua, acetone, trielina, diluenti nitro ecc.), il calcolo della percentuale si realizza, pertanto, con il rap porto peso (solido) su volume (solvente) che si esprimerà p/v. Nelle soluzioni, le particelle solide sono equidist anti e circondate dal solvente, che ha la funzione di lubrificante facendole scivolare facilmente l'una sull'altra. Le soluzioni sono facilmente assorbite dal sistema capillare dei materiali dove sono depositate dall'evaporazi one del solvente, il quale, una volta completamente evaporato, consente alla resina di riacquistare le proprie caratteristiche iniziali. Le soluzioni sono sempre trasparenti e la loro viscosità è, generalmente, bassa.
**Emulsione:** composto dove due elementi non miscelabili (resina ed acqua) sono tenuti uniti da elementi (detti t ensioattivi o saponi) capaci di legarsi con entrambi. Il calcolo della percentuale si realizza, pertanto, con il ra pporto volume (prodotto da diluire) su volume (solvente) che si esprimerà v/v. Le emulsioni sono sempre lattigi nose, hanno notevoli poteri adesivi ma, un volta secche, sono difficili da rimuovere. Un'emulsione è formata da microsfere con un attrito interno piuttosto alto, pertanto, a parità di concentrazione, un'emulsione è più viscosa di una soluzione. Generalmente sono utilizzate su fessure o distacchi medio-piccoli, su cui la resina in soluzione tenderebbe ad essere troppo fluida e a non colmare i vuoti fra le fessure.
**Concentrazioni:** si parlerà di concentrazione nel caso di dissoluzione di un solido in un liquido e verrà indicat a con il rapporto p/v. (ad es. un'etichetta che riporta la sigla p/v 5% indicherà che 5 grammi di prodotto soli do sono stati disciolti in 100 ml di solvente); un altro modo semplice per esprimere la concentrazione è la perc entuale in peso, che dice quanti grammi di soluto sono presenti in 100 grammi di soluzione, intesa come insiem e di solvente e di soluto (% in peso).
**Diluizioni:** si parlerà di diluizione nel caso di miscela di un liquido in un altro liquido, verrà indicata con il rap porto v/v. Il principio corretto per realizzare nonché indicare la reale diluizione sarà il seguente: un'etichetta che riporta la sigla v/v 20% dovrà indicare che 20 ml di un liquido sono stati mescolati a 80 ml (e non come s ovente erroneamente accade a 100 ml) di un altro liquido (solvente); ne risulteranno 100 ml di soluzione il cui il primo liquido (ad es. una resina acrilica in emulsione) sarà presente nella misura di 20 ml.

## Art. 35. Consolidamento fondazioni

**Generalità**
Preventivamente a qualsiasi intervento riguardante operazioni di tipo statico e strutturale, sarà necessario ver ificare la consistenza delle strutture di fondazione e la natura del terreno; a tale scopo si dovranno effettuare saggi verticali in aderenza alle murature perimetrali che, se non diversamente indicato dalla DL, dovranno av ere dimensioni tali da permettere lo scavo a mano e un'agevole estrazione del materiale di risulta (almeno 1 00-150 cm). Le opere di scavo dovranno essere correlate da idonee opere provvisionali relazionate alla natu ra e composizione del terreno e alla profondità raggiunta.
Nel caso in cui l'analisi denunci strutture non più efficienti, sotto specifiche indicazioni della DL, dovrà essere o perato il preconsolidamento delle stesse (iniezione di cemento o parziali ricostruzioni della tessitura muraria e di fondazione).
A scavo ultimato sarà possibile operare un'analisi puntuale sulle strutture (stato conservativo, tecnica di messa in opera ecc.); tale analisi dovrà essere correlata da indagini geotecniche e geofisiche grazie alle quali si pot ranno ricavare informazioni utili riguardanti sia la natura del terreno sia l'eventuale presenza di sottomurazio ni, platee ecc. La profondità di indagine sarà in funzione del carico e della larghezza delle fondazioni in mo do da poter verificare se la natura del cedimento sia da imputare alla resistenza a compressione dello strato superficiale, alla consistenza degli strati sottostanti, alla subsidenza del terreno, alla presenza di falde freatic he o ad altre cause ancora.

1L'utilizzo di dosaggi empirici quali, ad esempio, il "numero di badilate" non dovrà essere ammesso in quanto si ottengono dati non oggettivi che possono comportare spiacevoli inconvenienti. È, comunque, utile ricordare alcune unità di misura ricorrenti in cantiere: un secchio da muratore (paiolo) contiene circa 14 l d'acqua, ma per motivi pratici raramente si riempie fino al bordo, pertanto, è consuetudine calcolare una capacità pari a 10 l, l'equivalente di 0,01 m³; una carriola a riposo contiene circa 60 l (6 secchi), l'equivalente di 0,06 m³.

**1. Consolidamento mediante ampliamento della base fondale**

Le procedure operative di consolidamento non dovranno in alcun modo alterare la stabilità del sistema murari o da consolidare né quella degli edifici limitrofi; sarà, pertanto, necessario adottare tutti quei provvedimenti e quelle cautele utili alla messa in sicurezza del manufatto nel rispetto della normativa vigente.

Previa esecuzione, se necessaria, delle opere di presidio temporaneo delle strutture in elevazione s'individuer anno le aree d'intervento dividendole "per cantieri"; successivamente s'inizierà lo scavo da un solo lato della muratura o da entrambi i lati in presenza di murature di forte spessore (>150 cm) o dietro specifica indicazio ne della DL. Gli scavi (profondi, se non diversamente specificato, fino alla quota del piano di posa della vecc hia fondazione) saranno dimensionati secondo le necessità, in ogni caso dovranno essere strettamente relazion ati all'esecuzione del tipo di lavoro, così da garantire una buona realizzazione del rinforzo di fondazione.

Qualsiasi operazione di consolidamento in cls armato o in muratura dovrà poggiare su un getto di spianament o in magrone di conglomerato cementizio R 32,5 (dosato 200-250 kg/m³) non armato dello spessore minimo di 10-15 cm posato su di un piano orizzontale ripulito dai detriti e regolarizzato mediante pietrisco di spesso re minimo 15-20 cm.

Per le opere di fondazione da realizzarsi con c.a. sarà necessario provvedere alla posa in opera delle carpe nterie in legno di casserature, che dovranno essere di adeguata resistenza, impermeabili, ben ancorate e cont rastate (al fine di resistere alla pressione idraulica dell'impasto fluido) e sigillate (con materiali collanti o con l a stessa malta a consistenza plastica) per evitare perdite di boiacca; inoltre, le casserature in legno dovranno essere saturate (specialmente con climi caldi e asciutti) con acqua per evitare la sottrazione, per assorbimento, del liquido dall'impasto; prima del getto sarà, infine, necessario applicare il disarmante così da facilitare l'o perazione di disarmo del cassero.

**1.1. Ampliamento della fondazione mediante travi longitudinali in c.a.**

La procedura avrà lo scopo di allargare la sezione fondale permettendo la distribuzione del carico su una su perficie più ampia, allo stesso tempo si otterrà una riduzione della pressione di contatto suolo-struttura.

La procedura prevedrà, previa predisposizione dello scavo da entrambi i lati del tratto di muratura interessa ta, l'esecuzione di varchi nella muratura al fine di creare degli elementi di collegamento, una sorta di cordoli t rasversali tra le due travi laterali. Questi elementi di collegamento dovranno essere predisposti ed armati sec ondo le disposizioni di progetto, in assenza di queste si potranno mettere in opera dei cordoli di dimensione minima 30x30 cm intervallati ogni 150-200 cm ed armati con ferri ad aderenza migliorata Fe B 44 K di dia metro minimo 16 mm, staffe di diametro 8/200 mm e 2+2 staffoni di diametro 16 mm. In alternativa al cord olo trasversale le travi laterali potranno essere collegate con barre in acciaio inossidabile Fe B 44 K di diame tro minimo 18-20 mm, inghisate con malta di calce idraulica reoplastica antiritiro attraverso perforazioni oriz zontali od inclinate di diametro minimo 32 mm (precedentemente eseguite con strumenti a sola rotazione) di lu nghezza tale da poter essere collegate alla gabbia di armatura delle due travi; in questo caso la cadenza d ei collegamenti sarà più serrata (circa 80-120 cm) (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'artic olo sulle iniezioni di miscele leganti armate).

Le travi dovranno correre parallelamente ed essere aderenti alla fondazione preesistente, inoltre dovranno a vere, in corrispondenza dei collegamenti trasversali richiesti dal progetto, dei ferri di chiamata verticali così d a poter essere collegate al cordolo trasversale. Le dimensioni e le armature dovranno seguire le indicazioni di progetto, in assenza di queste potranno essere di altezza pari a quella della fondazione preesistente e di lar ghezza minima di 40 cm; per quanto riguarda le armature potranno essere costituite da ferri ad aderenza mi gliorata Fe B 44 K (ad es. 10-12 di diametro 16 mm, con staffe di diametro 8-10/200 mm); la gabbia di ar matura dovrà essere munita di distanziatori di spessore pari allo spessore del prescritto copriferro, ed in ogni caso non inferiore a 20 mm anche per le staffe.

Nel caso in cui lo spiccato delle murature si dovesse presentare in uno stato di conservazione pessimo, sarà op portuno affiancare alla procedura di ampliamento delle fondazioni quella di placcaggio preventivo eseguita con paretine di c.a. (oppure con materiale a base di legante idraulico) di spessore 6-8 cm opportunamente a rmate con rete in acciaio inossidabile elettrosaldata Fe B 44 K (in alternativa si potrà utilizzare rete zincata a caldo) di diametro 8-10 mm a maglia 100x100 o 150x150 mm ancorata alla parete con chiodatura a quinc once con barre filettate di diametro 12 mm ogni 40-60 cm (per maggiori dettagli sul placcaggio si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

Al fine di garantire un'adeguata aderenza del getto alle murature esistenti si potrà ricorrere all'applicazione di un promotore d'adesione con funzione di ripresa di getto dello spessore continuo di almeno 1 mm.

Specifiche sul getto

Il getto dovrà avvenire in modo tale da ottenere un composto omogeneo e compatto, senza discontinuità o se gregazione. Il conglomerato cementizio impiegato dovrà risultare esente da porosità od altri difetti, inoltre d ovrà, obbligatoriamente, essere di tipo strutturale, utilizzando come leganti solo ed esclusivamente cementi (a d es. R 32,5 o R 42,5) con Attestato di Conformità (DM 12 luglio 1999 n. 314) ed aggregati silicei (impasto ti po: cemento R 42,5 2,5-3 q, sabbia 0,40 m³ pietrisco o ghiaietto 0,80 m³); resistenza media a compressione di 30 N/mm² (in ogni caso non inferiore a 25 N/mm²), classe di lavorabilità (slump) S3 (semifluido) rapporto

acqua-cemento $a/c_{max}$ 0,65. In caso di temperature diurne prossime a 0 °C o che possano far presumere una temperatura notturna inferiore a 2-3 °C, sarà necessario attuare tutti gli accorgimenti al fine di evitare che i getti gelino, come ad esempio coprirli con teli in polietilene qualora il fenomeno fosse di poca entità, oppure utilizzando degli additivi antigelivi da aggiungere al conglomerato nella fase di impasto. In caso, invece, di f orte evaporazione durante la stagione calda, onde evitare la formazione di fessure, i getti dovranno, necessa riamente, essere tenuti bagnati (ad es. con acqua a pioggia), per almeno 2 giorni.
Durante la fase del getto il calcestruzzo messo in opera dovrà essere convenientemente vibrato, preferibilme nte, con vibratore ad immersione, o prese le necessarie cautele, usando vibratore a parete, così da raggiung ere la compattazione prescritta nelle specifiche di progetto; dovrà essere evitata l'aggiunta di acqua all'imp asto al fine di ottenere una maggiore fluidità. Qualora la vibratura dell'impasto potesse risultare nociva al m anufatto preesistente, occorrerà provvedere con un calcestruzzo reodinamico (in grado cioè di costiparsi da s olo) secondo le prescrizioni progettuali, o quelle che la DL impartirà sul posto.

**1.2. Ampliamento della fondazione mediante cordolo in c.a.**
La procedura sarà molto simile a quella delle travi longitudinali ma si differenzierà da questa per la messa in opera di soli cordoli cerchiati al posto delle travi. I cordoli dovranno essere dimensionati ed armati secondo g li elaborati di progetto, in ogni caso non dovranno essere inferiori ai 40 cm di lato ed armati con ferri ad ad erenza migliorata Fe B 44 K ad es. 4 di diametro 16-18 mm, con staffe di diametro 8-10/200 mm. Nel caso di messa in opera di doppio cordolo il collegamento sarà simile a quello proposto per la trave longitudinale, se invece sarà ritenuto sufficiente posizionare il cordolo solo da un lato della fondazione, questo potrà essere ancorato o con un "dente" a coda di rondine intervallato ogni 200 cm o con un "dente" a dado intervallato o gni 150 cm, in ogni caso profondo per almeno 2/3 della sezione del muro. Le procedure di messa in opera di questi ancoraggi puntuali, nonché il dimensionamento della loro armatura seguiranno quelle descritte per il co llegamento discontinuo dei solai lignei ad eccezione delle dimensioni che in questo caso potranno essere legg ermente maggiori (40-60 cm contro i 25-40 cm dell'ancoraggio dei solai).

## Art. 36. Realizzazione dei cementi armati

**Generalità**
Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice. Nel caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali la confezione dei provini verrà effettuata anche alla presenza dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.
Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.
È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al disotto dei +5° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33° C.
Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.
L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.
Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 4.1).

**Tab.4.1** – Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

| **Classe di consistenza** | **Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)** |
|---|---|
| S1 | 25 - 30 |
| S2 | 20 - 25 |
| S3 | 15 - 20 |
| S4 | 10 - 15 |
| S5 | 5 - 10 |
| F6 | 0 - 5 |
| SCC | Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.) |

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.
Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti in maniera tale da non interagire con le armature. I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.
È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

### 1. Tolleranze esecutive

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto S = ±3.0cm
- dimensioni in pianta S = - 3.0 cm o + 5.0 cm
- dimensioni in altezza (superiore) S = - 0.5 cm o + 3.0 cm
- quota altimetrica estradosso S = - 0.5 cm o + 2.0 cm

- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto S = ±2.0 cm
- dimensione in pianta (anche per pila piena) S = - 0.5 cm o + 2.0 cm
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle S = - 0.5 cm o + 2.0 cm
- quota altimetrica sommità S = ±1.5 cm
- verticalità per H ≤600 cm S = ±2.0 cm
- verticalità per H > 600 cm S = ±H/12

- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore: S = -0.5 cm o + 1.0 cm
- quota altimetrica estradosso: S = ±1.0 cm

- Vani, cassette, inserterie:

- posizionamento e dimensione vani e cassette: S = ±1.5 cm
- posizionamenti inserti (piastre boccole): S = ±1.0 cm

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

### 2. Casseforme

Per tali opere provvisorie l'appaltatore comunicherà preventivamente alla direzione dei lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisionali e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.
Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.
Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.
Per quanto riguarda le caratteristiche delle casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompressi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.
Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.
Nel caso di casseratura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

### 3. Pulizia e trattamento

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.
Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

### 4. Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, etc..

### 5. Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).
Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.
Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

### 6. Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione). Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali.
Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori. Nel caso di superfici orizzontali non casserate (pavimentazioni, platee di fondazione…) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

### 7. Controlli in corso d'opera

La direzione dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, può essere condotto mediante (Norme Tecniche cap.11):

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m3 di miscela omogenea).

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera" (non prima di aver scaricato almeno 0.3 mc di conglomerato), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni (§ 11.2.4 PRELIEVO DEI CAMPIONI) e nella norma UNI-EN 206-1.
Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere eseguito alla presenza della direzione dei lavori o di un suo incaricato.
In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3.
Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.
La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro d pari a 150 mm ed altezza h 300 mm.
Il prelievo del calcestruzzo deve essere effettuato non prima di aver scaricato 0.3 mc di calcestruzzo e preferibilmente a metà dello scarico della betoniera. Il conglomerato sarà versato tramite canaletta all'interno di una carriola in quantità pari a circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini. Il materiale versato verrà omogeneizzato con l'impiego di una sassola.
È obbligatorio inumidire tutti gli attrezzi necessari al campionamento (carriola, sessola) prima di utilizzarli, in modo tale da non modificare il contenuto di acqua del campione di materiale prelevato.
Prima del riempimento con il conglomerato, le casseforme andranno pulite e trattate con un liquido disarmante.
Per la compattazione del calcestruzzo entro le casseforme è previsto l'uso di uno dei seguenti mezzi:

- pestello di compattazione metallico a sezione circolare e con le estremità arrotondate, con diametro di circa 16 mm e lunghezza di circa 600 mm;
- barra diritta metallica a sezione quadrata, con lato di circa 25 mm e lunghezza di circa 380 mm;
- vibratore interno con frequenza minima di 120 Hz e diametro non superiore ad ¼ della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima pari a 40 Hz.

Il riempimento della cassaforma deve avvenire per strati successivi di 75 mm, ciascuno dei quali accuratamente compattati senza produrre segregazioni o comparsa di acqua sulla superficie.
Nel caso di compattazione manuale, ciascuno strato verrà assestato fino alla massima costipazione, avendo cura di martellare anche le superficie esterne del cassero.
Nel caso si impieghi il vibratore interno, l'ago non dovrà toccare lungo le pareti verticali e sul fondo della casseratura.
La superficie orizzontale del provino verrà spianata con un movimento a sega, procedendo dal centro verso i bordi esterni. Su tale superficie verrà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla direzione dei lavori al momento del confezionamento dei provini.
L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:
1. Identificazione del campione:
- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura…);
2. Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
3. Data e ora di confezionamento dei provini;
Al termine del prelievo, i provini verranno posizionati al di sopra di una superficie orizzontale piana in una posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.
Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). In questo caso sarà opportuno coprire i provini con sistemi isolanti o materiali umidi (es. sacchi di juta, tessuto non tessuto…). Trascorso questo tempo i provini dovranno essere consegnati presso il

Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento dove, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di 20±2 °C oppure in ambiente termostatato posto alla temperatura di 20±2 °C ed umidità relativa superiore al 95%.
Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.
L'Impresa appaltatrice sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento. Inoltre, l'Impresa appaltatrice sarà responsabile del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo al Laboratorio Ufficiale unitamente ad una lettera ufficiale di richiesta prove firmata dalla Direzione Lavori.
Qualora per esigenze legate alla logistica di cantiere o ad una rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa si rende necessario prescrivere un valore della resistenza caratteristica a tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature diverse dai 20 °C i controlli di accettazione verranno effettuati con le stesse modalità sopra descritte fatta eccezione per le modalità di conservazione dei provini che verranno mantenuti in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e temperature inferiori a quelle canoniche.
Resta inteso che in queste situazioni rimane sempre l'obbligo di confezionare e stagionare anche i provini per 28 giorni a 20 °C e U.R. del 95% per va lutare la rispondenza del valore caratteristico a quello prescritto in progetto.
I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al punto 11.2.5.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

## Art. 37. Consolidamento murature

**Premessa metodologica**
Le tecniche d'intervento per il consolidamento delle strutture in muratura devono essere prescelte in riferiment o a delle riflessioni operate sulla prioritaria necessità di salvaguardare testimonianze della tradizione edile r appresentative non solo per se stesse ma anche di un insieme accomunato dagli stessi aspetti caratterizzanti; quindi, pur tenendo conto delle necessità imposte dalle normative vigenti riguardo agli adeguamenti struttural i e, soprattutto, sismici dovrà essere fatta particolare attenzione al fine di non stravolgere la struttura al punt o di perdere la sua originale conformazione. La richiesta e la necessità di ridare "sicurezza" ed efficienza all a costruzione non dovrebbe comportare necessariamente il mutamento, in alcuni casi radicale, degli aspetti co struttivi dell'apparato murario, così come erroneamente accade sovente, dove i setti portanti vengono privati dell'originale funzione strutturale e trasformati in tamponature di "rassicuranti" aggiunte strutturali in cemento armato. L'intervento di consolidamento non deve tradursi nell'introduzione di strutture che, pur garantendo una elevata resistenza meccanica, risultano corpi estranei per la muratura; l'incompatibilità materica genera un ib rido strutturale che difficilmente può mantenere un comportamento solidale in presenza di sollecitazioni. Quest o dato, comprovato da interventi passati decisamente intrusivi, ha fatto riflettere su come sia sconsigliabile att uare a priori un consolidamento prescindendo dalla conoscenza dei materiali e della relativa tecnica costrutti va di messa in opera.
L'intervento dovrà, infatti, essere redatto in riferimento a delle indagini preventive indirizzate all'effettiva con oscenza della struttura, gli approfondimenti dovranno essere di tipo storico, indispensabili sia per capire a fo ndo la tecnica costruttiva, sia per poter delineare la panoramica dei vari avvicendamenti subiti nel corso degl i anni come, ad esempio, interventi precedenti relazionati a problemi congeniti o legati ad eventi sismici, e di natura diagnostica che saranno finalizzati alla conoscenza del reale stato conservativo dei materiali. Delle di verse tipologie di indagini diagnostiche sarà preferibile ricorrere a quelle non distruttive, onde evitare asport azioni, anche se ridotte, di materiale che in alcuni casi potrebbero implicare l'aggravarsi del precario equilibr io strutturale. La fase conoscitiva della struttura dovrà essere in grado di rilevare i punti critici, quelli più delic ati, la presenza di cavità, discontinuità materiche, vuoti ecc. al fine di poter modificare l'intervento, adattando lo alle necessità dettate dalla struttura. Capire, inoltre, le eventuali sollecitazioni che potranno colpire la strutt ura in tempi futuri aiuterà a definire interventi puntuali e, soprattutto, cautelativi in modo da rendere meno vul nerabile l'organismo nei confronti di futuri stati tensionali. Notizie utili potranno essere ricavate anche dalla le ttura stratigrafica delle murature poiché i dati desunti potranno svelarci il susseguirsi delle attività antropiche avvallando o smentendo quanto appreso dalle notizie storiche.
Tenendo presente che le diverse tecniche costruttive cambiano, in base al periodo di costruzione, da luogo a l uogo relazionandosi alla tipologia di materiale locale disponibile, al reperimento dello stesso e, soprattutto, i n diretta connessione con l'abilità delle maestranze nell'eseguirle, non è da escludere che si possano rilevare, tra le diverse tecniche, varianti sostanziali, per cui, nonostante le numerose analisi e ricerche preventive opera te e considerata la concomitanza di questi fattori, la messa a punto dell'intervento potrà concretamente esser e operata solo a cantiere aperto, interagendo materialmente con la struttura. Il consolidamento dovrà tenere

conto dei fattori principali che hanno caratterizzato la resistenza e il comportamento statico della muratura, tr a i quali la natura dei materiali, la caratteristica delle malte di allettamento, la tipologia di messa in opera e la sezione della muratura.
A parità di tipologia di dissesto, tra le varie risoluzioni disponibili, il Tecnico dovrà scegliere quella più confac ente alla specifica tipologia di apparecchio murario da consolidare; le eventuali sostituzioni di porzioni eccess ivamente ammalorate o l'introduzioni di elementi di irrigidimento dovranno essere operate, non solo nel pieno rispetto della struttura, ma soprattutto tenendo conto dei limiti imposti dalla sua intrinseca conformazione e co munque, laddove l'irrigidimento strutturale, per ovvie ragioni pratiche relazionate al caso specifico, non potrà essere realizzato in piena rispondenza con quanto sino ad ora esposto, potrà risultare consono al caso garant ire, almeno in parte, la possibilità di rendere l'intervento reversibile.

***Art. 37.1 – Operazioni di Consolidamento apparecchi murari***
**Generalità**
Le procedure di consolidamento, per quanto possibile, dovranno essere giudicate compatibili dalla D.L. e dag li organi competenti per la tutela del bene, inoltre dovranno essere riconoscibili e distinguibili dai manufatti or iginari ed eseguite in modo da garantire una loro, eventuale, reversibilità.
Le procedure che seguiranno daranno le indicazioni, ed i criteri generali, circa le metodologie d'intervento pe r i consolidamenti statici, mossi dal fine sia di aumentare le caratteristiche di resistenza dei setti murari, sia di ridurre eventuali tensioni indotte nei materiali da forze esterne. Dovrà essere, in ogni caso, interessamento del la D.L. fornire, a completamento o a miglior spiegazione di quanto prescritto, delle idonee tavole di progetto munite d'ulteriori e/o diverse indicazioni. Il rilievo del quadro fessurativo costituirà il fondamento essenziale p er la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di risanamento statico: il rilievo e il controllo delle lesioni dovranno essere eseguiti con appropriati strumenti al fine di verificare con esattezza se il dissesto sia in progressione accelerata, ritardata o uniforme, oppure se sia in fase di fermo, in una nuova co ndizione di equilibrio. Nel caso d'avanzamento accelerato del dissesto si potrà rivelare utile un intervento di e mergenza attraverso idonei presidi provvisori, in conformità alle disposizioni della D.L. Nel caso, invece, di arr esto e di una nuova conformazione di equilibrio sarà doveroso controllare il grado di sicurezza dello stato di fatto, per operare in conformità della prassi prescritta negli elaborati di progetto; vale a dire protocolli indir izzati a stabilizzare la fabbrica nell'assetto raggiunto, o integrare gli elementi strutturali con consolidamenti l ocali o generali al fine di preservare, con un conveniente margine, la sicurezza di esercizio. Gli interventi di c onsolidamento dovranno essere realizzati in quelle porzioni dell'apparecchio murario affette da dissesto (lesi one isolata o quadro fessurativo complesso) o caratterizzate da fenomeni d'indebolimento locale quali, ad es empio la presenza di canne fumarie o intercapedini di qualsiasi genere, carenze di ammorsature ai nodi, ecc.
In linea generale gli interventi strutturali sulle pareti murarie, ove sarà possibile, dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe a quelle dei materiali in opera, o quantomeno il più compatibile possibile.

**1. Opere di presidio (puntelli, centinature e armature provvisionali)**
La procedura di consolidamento provvisionale (puntellamento) dovrà, necessariamente, garantire condizioni p rovvisorie di sicurezza nei manufatti dissestati (ovvero ridotti alla stato di rudere) sia durante l'esecuzione dell e indagini preliminari necessarie per redigere il progetto di consolidamento che durante le eventuali successiv e procedure di consolidamento definitivo. I suddetti lavori di puntellamento dovranno, altresì, assolvere il dupl ice requisito di efficacia ed economia.
Le opere di presidio saranno eseguite, se non diversamente specificato dalla D.L., o in legname (di norma leg name tondo per armature in ragione della sua facile lavorabilità, della sua notevole resistenza e del suo bass o peso specifico) o in pali di ferro (tubi "innocenti" uniti con giunti bullonati da preferire al legno qualora la st ruttura da presidiare sia molto alta rispetto al piano sul quale è previsto il trasferimento dei carichi; il sistema tubo-giunto, inoltre, presentando uno schema strutturale molto chiaro, faciliterà il calcolo della struttura) più ra ramente in muratura o in c.a.
Gli elementi verranno messi a contrasto con l'organismo murario da presidiare, cercando di evitare la formazi one di punti singolari di forza, mediante una diffusione del carico della muratura o ad un'altra struttura murar ia in migliori condizioni statiche, oppure all'esterno della struttura muraria sul terreno limitrofo. Nel primo caso si renderà necessario rafforzare le porzioni circostanti e sottostanti la zona puntellata (ad es. puntellando anc he i vani sottostanti fino a quello cantinato ovvero murando i vani sottostanti a quello presidiato) così da evita re che il trasferimento dei carichi su una muratura, che potrebbe essere di per sé già non in perfette condizion i statiche, provochi in questa dissesti con eventuali ripercussioni a catena.
La struttura di contrasto a diretto contatto con l'apparecchio murario da sostenere con il puntellamento dovrà essere costituita, se non diversamente specificato dalla D.L., da un tavolato ligneo (se non diversamente specif icato, di spessore 30-40 mm) in ragione della migliore adattabilità che questo materiale presenta ad una qu alsiasi superficie; qualora la superficie da presidiare fosse particolarmente delicata ovvero decorata con pitt ura ad affresco o con altra tecnica pittorica o presentasse superfici a mosaico sarà necessario anteporre al ta

volato ligneo uno "spessore" di materiale soffice, quale ad esempio gommapiuma od altro materiale ritenuto idoneo dalla D.L.
I puntelli che svolgeranno un'azione di *sostegno* (per "resistere" a carichi verticali o spostamenti verticali che l a struttura subisce a causa del dissesto come ad es. cedimenti di fondazione, rotture di architravi ecc.) di strutt ure orizzontali (solai, davanzali, travature ecc.) saranno costituiti da ritti verticali (candele capaci di reagire, s enza deformarsi, a sforzi normali) posti a contrasto con la struttura e da traversi che contrastino, a loro volta, l'eventuale slittamento dei ritti; in alternativa ai puntelli lignei potranno essere utilizzati anche elementi metalli ci a "T", ovvero i cosiddetti ritti di cantiere ("cristi") normalmente impiegati per sostenere la messa in opera di orizzontamenti piani. I puntelli di sostegno potranno anche essere costituiti da aste inclinate (ad es. per la mes sa in opera di fascio radiale per contrastare, in posizione di sostegno, i cedimenti e le deformazioni di volte e di archi) la cui inclinazione sarà variabile in ragione alla disponibilità di spazio, all'altezza, alla massa della parete ovvero dell'elemento da sostenere e allo sforzo cui sarà sottoposto. Prima di predisporre questo partic olare presidio provvisionale si renderà indispensabile accertare la sola verticalità delle azioni deformative in quanto una puntellatura di solo sostegno, in presenza di moti traslatori di natura diversa, potrebbe arrecare essa stessa danni ulteriori alle strutture.
Nel caso in cui le strutture di presidio dovessero assolvere l'azione di *ritegno* di strutture verticali (per fronteg giare movimenti di traslazione orizzontale, in presenza o meno di rotazione quali, ad esempio, ribaltamento d i pareti) potranno essere costituite da aste inclinate a testa semplicemente aderente; al fine di evitare lo scorr imento del puntello sull'apparecchio murario sarà necessario che l'angolo d'inclinazione dell'asta non sia mag giore dell'angolo d'attrito tra la muratura e la stessa asta. Allorché la testa del puntello sia posta molto in alt o, il puntello dovrà necessariamente diventare una struttura reticolare (in questo caso sarà preferibile utilizzar e un sistema tubo-giunto in luogo di puntelli lignei), così da limitare la lunghezza libera di inflessione degli ele menti che lo compongono. Al fine di evitare rischi che potrebbero arrecare danni alla stabilità ed alla integrit à degli edifici limitrofi dovrà essere, dove possibile, evitata la messa in opera di dispositivi orizzontali ed incli nati a contrasto con manufatti prospicienti.
Nel caso in cui il puntello sia tenuto a impedire lo spanciamento di una parete sarà necessario che esso venga posto in modo che il suo asse incontri la spinta in mezzeria del maschio murario, così da eludere effetti flession ali sul maschio stesso. In questa specifica situazione il puntello sarà soggetto ad un carico uguale alla compon ente orizzontale della spinta.
Qualora le opere di presidio dovessero svolgere la doppia funzione di *sostegno* e *ritegno* (per contrastare st ati in cui ai carichi verticali si uniscono spinte di archi e volte che tendono al ribaltamento del muro) sarà neces sario predisporre puntelli con disposizione inclinata e con innesti tesi a contrastare sia movimenti di traslazione verticale sia di rotazione.
I puntelli semplici e doppi potranno essere impiegati singolarmente, in coppia ovvero in gruppo connessi con e lementi trasversali e di controventatura, così da presidiare porzioni di manufatti anche molto ampie.
In linea generale i puntelli dovranno soddisfare le seguenti condizioni:
– alleviare la struttura di parte del carico; questa quota di carico potrà, in caso di emergenza, essere stimata con semplici considerazioni intuitive che normalmente dovranno tener conto della natura, della gravità e dell'e stensione del dissesto, nonché del rapporto tra pieni e vuoti della muratura sovrastante e sottostante il punto di azione del puntello;
– essere rigidamente vincolati alle strutture da presidiare con l'estremità (testa) e con l'altro estremo (piede) ad una base di appoggio (interna od esterna alla struttura) capace di ricevere l'azione assiale del puntello s enza deformarsi. Al fine di assolvere la suddetta condizione occorre predisporre per la testa dei cunei lignei (biette) di essenze dure, al fine di mettere in forza i puntelli, mentre per il piede si predisporrà una adeguata piastra di distribuzione (fondazione) così da evitare che un eventuale cedimento del terreno provochi la perdi ta di contrasto da parte del puntello; la base, che dovrà risultare normale ai puntelli, potrà essere costituita d a travi o assiti lignei (2 o più, spessore minimo di ogni tavola 30-40 mm) normali tra loro, il puntello sarà vinc olato al tavolato mediante gattello ligneo con chiodatura alla "traditoria" ovvero con picchetto ligneo incastr ato nel terreno e legato con fasciatura metallica. Nel caso in cui i puntelli scarichino direttamente su terreni inc oerenti o molto irregolari in superficie, sarà preferibile predisporre una fondazione in muratura o in c.a.;
– essere stabili sia alla compressione che alla pressoflessione;
– essere costituiti da materiale avente caratteristiche termiche ed igrometriche analoghe a quelle delle struttu re da presidiare così da non vanificare la validità del puntellamento ovvero arrecare degrado alle parti da restaurare.
I sistemi di puntellamento delle strutture voltate o arcuate (centinature provvisionali) varieranno secondo il tipo di struttura e di dissesto, di norma si seguiranno i seguenti criteri:
a) per le *volte a botte* le centinature dovranno essere disposte su piani paralleli e perpendicolari alle loro gen eratrici;
b) per le *volte a padiglione* si disporranno due centine principali lungo gli spigoli e le altre su diversi piani ver ticali passanti per la chiave della volta e diretti perpendicolarmente ai lati del perimetro di base;

c) per le *volte a crociera* si dovrà predisporre l'armatura su ciascuna delle volte a botte da cui origina; si mett eranno in opera quattro centine perimetrali unite da due centine diagonali, disposte secondo gli spigoli risulta nti dall'intersezione delle due botti;
d) per le *volta a vela* si disporranno quattro centine perimetrali al fine di sostenere gli archi di imposta, ad ess e si uniranno altre centine centrali, di norma disposte radialmente a sostenere l'intradosso della volta;
e) per le *cupole* le centine prenderanno di norma la forma di ampie incastellature, controventate in diverse di rezioni e sorrette da numerosi candele e puntelli.
In linea generale non si dovrà puntellare mai la chiave se cede una spalla così come mai i reni se si prevede di rimuovere i rinfianchi.
*Specifiche sui campi di applicazione:* Le opere di presidio potranno essere messe in opere, a seconda delle esi genze, per demolizioni totali o parziali, per rimozioni, per consolidamenti in opera, nonché per eludere crolli i mprovvisi ovvero messa in sicurezza di masse murarie (solai, davanzali, volte, portali) o di terreno, per ritenim ento di murature soggette a movimenti deformanti ed infine per assicurare l'integrità fisica degli addetti.
*Avvertenze:* Nel caso non ci siano le condizioni per affrontare una progettazione accurata del sistema di punt ellamento sarà necessario demandare alla prassi esecutiva corrente la messa in opera del puntellamento pro vvisionale, in questo caso dovrà essere obbligatorio far svolgere i lavori di presidio sotto il continuo controllo da parte del Tecnico incaricato del consolidamento definitivo.
Non di rado le opere di presidio saranno lasciate in opera per molto tempo, per tale motivo si renderà neces sario predisporre adeguate protezioni al fine di evitare che le armature ovvero i puntelli possano deteriorars i e/o perdere la loro efficacia e di conseguenza diventare essi stessi causa di nuovi dissesti per le strutture. Le opere di presidio dovranno, altresì, essere in grado di non trasmettere improprie sollecitazioni sia al manufatt o oggetto di intervento sia a quelli limitrofi. Particolare attenzione dovrà, infine, essere fatta nella fase di rim ozione delle armature di sostegno le quali dovranno essere "munite" di idonei dispositivi (ad es. cunei lignei) c he, se in precedenza sono stati utili al fine di posizionare e controllare la messa in opera delle stesse, si rileve ranno altresì utili per agevolare le operazioni di disarmo.
*Specifiche:* Per ulteriori dettagli su armature e sbatacchiature si rimanda a quanto enunciato nell'articolo inere nte le armature degli scavi.

***Art. 37.2. Riparazioni murarie con intervento di "Scuci e Cuci"***
L'obiettivo di questa lavorazione dovrà essere quello di ripristinare l' originaria continuità strutturale degli elementi murari degradati, mediante una graduale sostituzione che non dovrà interrompere, nel corso dei lavori, la funzionalità statica della muratura. L' impresa, quindi, provvederà, delimitata la parte di muratura da sostituire, ad individuare le zone dei successivi interventi che dovranno essere alternati in modo da poter sempre disporre di un quantitativo sufficiente di muratura resistente. L'intervento di consolidamento sostitutivo locale, denominato "*scuci e cuci*", consiste in una demolizione locale di parti di tessitura muraria e successiva ricostruzione. E' un'operazione delicata da eseguire con la massima cautela evitando colpi e vibrazioni durante la fase di demolizione e provvedendo alle eventuali opere di presidio.

1. Operare la rimozione (scucitura) della parte di muratura (pietrame e/o laterizi) localmente degradata e/o lesionata, ivi compresa la malta di allettamento originaria e tutto quanto possa compromettere le successive lavorazioni, utilizzando mezzi esclusivamente manuali senza l'utilizzo di utensili meccanici.
2. Procedere al lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione.
3. Ricostruzione (cucitura) dei conci murari precedentemente rimossi e sostituzione (sostruzione) degli stessi utilizzando mattoni pieni allettati con malta di caratteristiche fisico-meccaniche simili alla preesistente, realizzata con un legante esente da cemento a base di eco pozzolana e inerti selezionati. Il legante dovrà essere esente da sali idrosolubili. I mattoni pieni saranno ammorsati (da entrambi i lati) alla vecchia muratura, avendo cura di lasciare tra la muratura nuova e la vecchia, lo spazio per l'inserimento forzato di appositi cunei. L'operazione viene eseguita partendo del basso e procedendo verso l'alto.

Per contenere gli effetti delle deformazioni di riassetto, sia per il ritiro della malta che per l'entrata progressiva in carico, è opportuno seguire particolari accorgimenti nella ricostruzione a "*scuci e cuci*":
- usare malta di piccolo spessore tra i mattoni, al fine di ridurre la diminuzione di volume per effetto del rassetto e del successivo ritiro della malta;
- mettere in forza progressivamente le parti già ricostruite del muro, con cunei o spezzoni di mattoni duri, i cosiddetti "*biscotti*", in modo da poter compensare in parte il rassetto dovuto al ritiro della malta ed alla compressione che gradualmente si induce;
- ove si ravvisi l'opportunità di impiegare opere provvisionali, si raccomanda un loro utilizzo in forma parzialmente attiva, mettendo, cioè, in forza le puntellature con dispositivi vari utilizzando i semplici cunei di legno martellati, elementi metallici filettati e martinetti meccanici o oleodinamici. In tal modo si garantisce il trasferimento alla puntellatura di parte del carico sopportato inizialmente dal cuneo; il carico verrà restituito al muro dopo la rimozione della puntellatura.

In situazioni particolari, previa autorizzazione della Direzione lavori, potrà essere utilizzata malta bastarda cementizia ma solo in profondità e avente caratteristiche di elasticità tali da essere compatibile con il supporto murario; tale tipologia di malta potrà essere utilizzata in luoghi non umidi e esenti dalla possibilità di fuoriuscita di sali. Ove necessario, per una migliore continuità statica, la Direzione Lavori potrà richiedere l' uso di mattoni vecchi con caratteristiche il più possibile analoghe a quelle della muratura esistente.

***Art. 37.3 Integrazione e ripristino di manufatti in mattoni a vista aventi valenza storica.***
Tale operazione consiste, ove necessario, nell'integrazione del paramento murario con mattoni di recupero aventi le stesse caratteristiche e dimensioni di quelli originali. Ciò può anche comportare l' inserimento di elementi particolari sagomati, a seconda delle caratteristiche del manufatto stesso.
Ove risulti impossibile utilizzare mattoni di recupero, è ammessa l' integrazione con mattoni di nuova fattura, che comunque mantengano le caratteristiche del paramento originario. L' uso di tali elementi sarà autorizzato dalla Direzione Lavori solo a seguito di approvazione di idonea campionatura

***Art. 37.4 Risarciture e sigillature di lesioni***
Le iniezioni di malta cementizia eseguite a bassa pressione, purché abbiano elevate proprietà di adesione al supporto, sia esso calcestruzzo che ferro, e adeguate capacità di resistenza e di modulo elastico, serviranno a risarcire e sigillare lesioni localizzate (3-4 mm di larghezza), sulle quali difficilmente sarebbe possibile intervenire semplicemente con malta di ripristino.
Una volta scelto il tipo di resina adatto all'esecuzione degli interventi, si presterà molta attenzione alle prescrizioni tecniche di utilizzo illustrate nelle istruzioni, con particolare riguardo alle condizioni climatiche e alle temperature richieste. Per microlesioni si preferiranno le resine, per lesioni più ampie resine additivate con inerti finissimi, ad esempio polvere di quarzo. Le resine saranno fluide del tipo bicomponente e scarsamente viscose, con adeguate proprietà di resistenza e di modulo elastico, secondo le indicazioni di progetto. Una volta eseguite le operazioni preparatorie di pulizia superficiale, di scarnificazione delle lesioni e di pulizia profonda mediante getto di aria compressa, l'appaltatore le sigillerà superficialmente per evitare la fuoriuscita delle malte o delle resine di consolidamento, inserendo tubi di attesa per l'immissione dei boccagli di iniezione e avendo cura di non far cadere all'interno della lesione particelle residuali dannose ai fini della buona riuscita dell'intervento consolidativo. Il posizionamento delle cannule verrà opportunamente studiato (8-10 mm di diametro a interasse di circa 20 cm), seguirà l'andamento delle lesioni e non trascurerà i punti in cui avvengono ramificazioni delle lesioni stesse. Se necessario, verranno posizionate dopo la sigillatura superficiale e dopo l'esecuzione di piccole perforazioni con sonde a sola rotazione, avendo cura di rimuovere i residui prodotti anche all'interno delle lesioni. Le iniezioni verranno praticate a partire dal basso, fino a fuoriuscita del consolidante dal boccaglio superiore; si procederà chiudendo il boccaglio inferiore e iniettando nuovamente da quello superiore; le iniezioni saranno eseguite a bassa pressione (2-4 atm). Dopo 7 giorni il materiale consolidante avrà ottenuto una buona presa, perciò si procederà a tagliare a raso i tubicini di iniezione. Si completerà l'intervento con tutti gli interventi di finitura previsti.

***Art. 37.5. Consolidamento mediante tiranti metallici***
Il consolidamento mediante la messa in opera di tiranti metallici (elementi costruttivi a sviluppo lineare) consen tirà di realizzare un collegamento ed irrigidimento delle murature così da riuscire a contrastare rischi di trasla zione, crolli e distacchi; la cerchiatura per mezzo dei tiranti permetterà di rendere solidali le strutture murarie tanto da garantire un comportamento di tipo scatolare, soprattutto, in caso di azione sismica. I tiranti (realizza ti prevalentemente in acciaio inossidabile) potranno essere inseriti all'interno delle strutture da consolidare (m urature, strutture lignee di solai e di copertura, pilastri murari e fondazioni) o all'esterno; la loro messa in ope ra potrà essere verticale, orizzontale od inclinata secondo le necessità specifiche richieste dal singolo caso e i n base agli sforzi che dovranno assolvere. Il bloccaggio all'estremità delle strutture sarà garantito da chiavar de o capichiave (che potranno essere a paletto o a piastra) posti su piastre (realizzate in acciaio inossidabile di forma e dimensioni tali da consentire una ripartizione omogenea degli sforzi) necessarie per assicurare l'a deguata ripartizione dei carichi; le piastre potranno essere realizzate in acciaio, con la presenza dei fori per consentire il passaggio dei cavi e delle guaine oppure in calcestruzzo armato. I paletti dei capichiave andran no orientati a 45° con il braccio superiore rivolto contro il muro trasversale su cui insiste il solaio. Indipendente mente dalla messa in opera (esterna o interna, orizzontale o inclinata), prima di procedere con l'operazione d ovrà essere appurato il grado di consistenza delle strutture, lo stato di conservazione e, soprattutto, la loro st abilità; a tale riguardo prima di effettuare l'intervento potrà essere utile, dove si renderà necessario, operar e un consolidamento (scuci e cuci, iniezioni di boiacca, rincocciature, rinforzi delle fondazioni ecc.) delle parti i nteressate ed influenzate dal successivo stato tensionale indotto dal tirante. L'operazione inizierà con la locali zzazione esatta dei punti di perforazione per il passaggio del tirante, della sua collocazione e del relativo sis tema d'ancoraggio, che dovrà essere saldo ed efficace dal momento che la risoluzione avrà effetto solo se sa rà garantita la trazione del tirante, costante nel tempo, capace di contrastare le sollecitazioni in atto. I tiranti

potranno essere messi in opera anche binati: uno da una parte e uno dall'altra dello stesso muro trasversale. I l tiraggio del tirante potrà essere fatto a freddo o a caldo.
*Specifiche sui materiali:* In alternativa ai tiranti metallici si potranno utilizzare barre pultruse in fibra di carboni o o aramide, con diametro circolare (da 5 a 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 4 0 mm). Le suddette barre potranno essere messe in tensione attraverso apposito sistema di pretensione ed op portuna piastra di ripartizione. Il sistema di ancoraggio sarà caratterizzato da una testa di acciaio inox AISI 304, diametro esterno circa 50 mm, lunghezza circa 200-250 mm, filettatura esterna completa di sede per ch iavella antitorsione. Rispetto alle tradizionali catene in acciaio, la fibra di carbonio riduce drasticamente i pro blemi legati alla corrosione essendo esse stesse non soggette a tale fenomeno.

**1. Consolidamento con tiranti trivellati inseriti nella muratura**
Il dimensionamento dei tiranti, definito dagli elaborati di progetto, dovrà essere relazionato alla resistenza a trazione del materiale utilizzato e quella a taglio del muro su cui verrà posizionato il capochiave (potranno es sere messi in opera tiranti in acciaio inossidabile zincati Fe 360 opportunamente dimensionati e, se non divers amente specificato dagli elaborati di progetto, potranno essere utilizzati tiranti $\phi$ 26 mm o $\phi$ 32 mm).

*Tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente*
Il tirante orizzontale dovrà essere posizionato in corrispondenza del solaio (al di sotto del pavimento) il più p ossibile in aderenza al muro ortogonale su cui verrà collocato il capochiave; dopo aver localizzato il percorso del tirante e i punti di perforazione sulla muratura, si procederà alla realizzazione dell'alloggiamento media nte l'utilizzo di trapani esclusivamente rotativi in modo da evitare ulteriori sconnessioni della struttura dissestat a, realizzando uno scasso che, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere di circa 25 mm di diametro, profondo 40 mm. L'intervento procederà con il posizionamento degli ancoraggi (angolari o intermedi fissati mediante malta di calce idraulica naturale NHL 5) previa preparazione della parte di mur atura interessata mediante l'eventuale asportazione d'intonaco e, se necessario, consolidamento; la piastra di ripartizione dei carichi, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà avere dimensioni di 2 5x25 cm o 30x30 cm spessa 15 mm. Sulla muratura verranno eseguiti i fori di passaggio del tirante, il cui di mensionamento si relazionerà alla sezione del tirante, ricorrendo ad un trapano a rotazione. Realizzato l'allo ggiamento, il cavo dovrà essere fissato alle piastre precedentemente forate; all'interno dei fori ($\phi$ 50-80 m m) dovrà essere posizionata una guaina protettiva fissata alla parete mediante l'utilizzo di malta o resina. D opo aver tagliato il tirante a misura d'impiego (pari alla lunghezza della parete più lo spessore del muro e m aggiorato di 30 cm, 15 cm per parte, necessari per l'ancoraggio) e provveduto alla filettatura delle estremit à indispensabili per il tiraggio a freddo (15 cm per ogni estremità utilizzando filettatrici) si procederà alla rel ativa messa in opera. Il tirante passerà dalla guaina prolungandosi qualche centimetro all'esterno della piastr a di ripartizione così da facilitare il tiraggio e l'ancoraggio; verranno posizionati i capochiave (forati se il tira ggio avverrà a freddo) i sistemi di fissaggio ed ancoraggio (dado e controdado, manicotto di collegamento e tiraggio ecc.). Avvenuta la presa del bulbo di ancoraggio (3 o 4 giorni), il tirante verrà messo in tensione (s e teso a mano si ricorrerà ad una chiave dinamometrica che serrerà i dadi sino ad ottenere una tensione di ci rca 150-200 kg) con gradualità ed a più riprese, fino alla tensione di calcolo (la tensione applicata non dovr ebbe superare il 50% di quella ammissibile dal cavo di acciaio utilizzato), controllando eventuali diminuzioni di tensione (causate o dal tipo di acciaio impiegato o riconducibili ad assestamenti murari improvvisi). La sede di posa dei tiranti ed i fori potrà essere riempita con iniezioni di malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e si potrà solidarizzare la guaina e il cavo mediante l'ausilio di resina sigillante. L'operazione terminerà c on la posizione dei cunei di bloccaggio del cavo. Tutte le parti metalliche rimaste a vista dovranno essere pro tette mediante l'applicazione di vernici di tipo epossidico.

***Art. 37.6. Cerchiature in acciaio di aperture e vani in murature portanti***
La procedura avrà come obiettivo quello di eseguire una cerchiatura con lo scopo di realizzare un'apertura a strappo in una muratura portante senza compromettere la stabilità delle strutture originali. Sarà necessario, in ogni caso, procedere con cautela, considerando l'intervento in modo accurato al fine di evitare possibili lesioni di assestamento.
Dopo aver posto in opera elementi provvisionali, allo scopo di forzare staticamente i solai che si appoggeran no sulla muratura oggetto di intervento, si eseguiranno le aperture verticali in corrispondenza delle mazzette, appoggi della struttura di architrave. All'interno della muratura esistente, saranno inseriti due piedritti costituit i da uno o più profilati metallici (in genere profili a doppio "T" Fe 360 o Fe 430) a seconda dello spessore d ella muratura ed, in ogni caso scelti seguendo le disposizioni di progetto o indicazioni della D.L. (ad es. HEA 1 40), ancorati mediante spillature perimetrali sagomate ad "L" e saldati a caldo al montante in oggetto; quest i ancoraggi saranno costituiti da barre in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K (ad es. 4 $\phi$ 14/300 mm) inghisate, (con malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 a ritiro compensato e con buone caratteristich e di aderenza), in perfori di diametro 24 mm, eseguiti con strumento a sola rotazione, di lunghezza ed inclina

zione variabili (in ogni caso non inferiori ai 200 mm), intervallati ogni 50-60 cm o secondo indicazioni della D. L., constatate sul posto le reali condizioni delle murature.
In alternativa ai piedritti d'acciaio potranno essere messi in opera delle spallette in muratura migliorata (per t utto lo spessore della muratura e di lunghezza minima pari a tre teste) in mattoni pieni allettati con malta a b ase di leganti idraulici (tipo calce idraulica naturale NHL 5) seguendo la tecnica dello "scuci e cuci" a piccoli tr atti fino a sostituire la vecchia struttura con una nuova. Le nuove spallette dovranno essere correttamente amm orsate alla muratura (un adeguato numero di morse sarà di circa una ogni cinque filari) da mantenere e, allo stesso tempo, creare il paramento verticale sui lati interni dell'apertura lungo la quale, procedendo in aderen za, si effettuerà lo strappo della muratura da demolire. I nuovi piedritti dovranno, inoltre, essere fasciati da r ete in acciaio elettrosaldata, fissata a mezzo di chiodature, (ad es. $\phi$5-6 mm con maglia 100x100 mm) per u na lunghezza pari a circa 50-60 cm allo scopo di migliorare l'ancoraggio alla muratura esistente.
Di seguito si eseguirà la prima traccia orizzontale sulla muratura (la scelta di utilizzare due profilati accoppia ti è dettata, principalmente, da esigenze esecutive) al fine di ospitare il primo profilato metallico (la sezione della trave potrà essere composta, a seconda della luce, del carico e dello spessore del muro di due o più pr ofilati del tipo IPE o HE) che appoggerà su piastra in acciaio, di dimensioni variabili (ad es. con profilato HEA 140 montato su muratura di 45 cm, la piastra avrà dimensioni 140x450x10 mm), saldata sulla sommità dei m ontanti. Il profilato sarà messo a contrasto con la muratura sovrastante mediante zeppe e/o cunei di ferro o s pezzoni di lastre d'ardesia in modo da imprimere al ferro una freccia preventiva. Allorché l'architrave sia di l unghezza notevole e tra l'estradosso del profilato ed il solaio soprastante vi sia sufficiente altezza, la freccia preventiva si potrà ottenere con l'ausilio di un martinetto idraulico (previa interposizione di una piastra metalli ca tra muratura e martinetto) alloggiato in un opportuno vano ricavato sopra la trave. Effettuata la messa in opera del primo elemento in acciaio s'interverrà, sul lato del muro opposto, seguendo la medesima procedura per mettere in opera il secondo. Eseguita l'architrave si potrà demolire la porzione centrale di muratura e si c ollegheranno i profilati per mezzo di chiavarde (ad es. $\phi$ 16 mm), inserite in fori corrispondenti eseguiti prima della messa in opera, distanziate da circa 140-150 cm una dall'altra partendo dagli appoggi.
Il vuoto tra le due ali esterne dei profilati, riempito con tavelline in cotto murate con malta a base di leganti i draulici, potrà essere colmato, a seconda delle specifiche di progetto o indicazioni della D.L. con muratura di mattoni pieni, o calcestruzzo di cemento confezionato con inerti sottili, utilizzando come cassaforma a perdere un piano di tavelle posate sulle ali inferiori interne; il getto sarà eseguito mediante fori praticati lateralmente al di sopra dell'estradosso delle travi. Successivamente si eseguirà la messa in opera del traverso inferiore co stituito da un piatto in acciaio di dimensioni variabili con uno spessore minimo di 10-12 mm (ad es. 2200x450 x15 mm) che dovrà essere, anch'esso, saldato a caldo con cordoni angolari al telaio sovrastante.
Specifiche
Al fine di proteggere i profilati metallici sarà consigliabile trattarli con apposita boiacca passivante anticarb onatante (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli riguardanti il ripristino di opere in c.a.), inoltre per mi gliorare l'aggrappaggio dell'intonaco sarà consigliabile fasciare la cerchiatura con rete in acciaio elettrosald ata a maglia stretta (ad es. $\phi$ 3-4 mm con maglia 50x50 mm) per una lunghezza pari a circa 60-80 cm.
In caso di cerchiatura mista, ovverosia con spallette in muratura migliorata ed architrave d'acciaio, sarà obbli gatorio ammorsare efficacemente i profilati nella muratura esistente pari a circa una volta e mezzo lo spessor e del muro. Nel caso l'architrave dovesse sostenere elevati carichi, si inseriranno delle alette di irrigidimento s aldate con cordoni d'angolo.
Le aperture a strappo non dovranno essere eseguite in strutture murarie con quadro fessurativo avanzato, in presenza di uno stato conservativo dei materiali pessimo e in quelle che, pur essendo in discrete condizioni, fo ssero di sostegno ad altre strutture malmesse; fermo restando che non sia previsto un preventivo restauro dell e strutture generale quanto accurato. Le sezioni delle architravi dovranno essere scelte calcolando le sollecita zioni a flessione e taglio e le frecce di inflessione di due unità accoppiate e i vincoli di estremità dovranno ess ere considerati come semplici appoggi.
In presenza di murature di elevato spessore con possibilità di caduta di materiale intermedio fra i paramenti sostenuti dalle travi potranno essere messi in opera, previa esecuzione di fori subito sopra l'estradosso delle s tesse, dei monconi di profilati ad "U" appoggiati sulle ali superiori delle travi riempiendo i vuoti con malta a r itiro controllato.

## Art.38. Posa in opera delle strutture metalliche

**1. Norme di esecuzione in prefabbricazione**
Le lavorazioni in officina dovranno essere condotte nel rispetto rigoroso di quanto prescritto nel D.M. 14 gennaio 2008 (NTC). L'Impresa è tenuto ad adottare tecniche e procedimenti di lavorazione appropriati, è pienamente responsabile della buona esecuzione del lavoro e non potrà invocare attenuante alcuna in caso di risultati contestati o contestabili, dovuti ad imperizia o mancato rispetto di prescrizioni stabilite da norme ufficiali cogenti. Le piastre di attacco e le connessioni di officina saranno prevalentemente saldate.

L'Impresa dovrà fornire tutte le travi in un solo pezzo senza giunti per elementi di lunghezza inferiore a quella commerciale. La posizione delle eventuali giunzioni dovrà essere chiaramente indicata sui disegni di officina e concordata con la Direzione lavori. L'Impresa dovrà costruire in officina i vari elementi nelle dimensioni massime compatibili con il trasporto ed una corretta esecuzione del montaggio. I bulloni normali saranno conformi per caratteristiche dimensionali alle UNI 5727 - 5592 - 5591, mentre i bulloni per giunzioni ad attrito, dadi, rosette e piastrine saranno conformi alle UNI 5712 - 5713 - 5714 - 5715 - 5716.
Il dimensionamento del nodo con bulloni ad attrito sarà fatto a ripristino totale della resistenza della trave. L'Impresa è tenuto a presentare sempre le relazioni di calcolo dei nodi nelle quali dovrà figurare anche la verifica della saldatura che connette la flangia con il profilato.
Nei collegamenti con bulloni, si deve procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro sopracitato, si deve procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.
È ammesso il serraggio dei bulloni, con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura deve risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese. Alla presenza della Direzione lavori, verrà effettuato il controllo di serraggio su un numero adeguato di bulloni.
Le giunzioni saldate in cantiere potranno essere eseguite solamente dietro esplicita richiesta della Direzione Lavori e a temperatura non inferiore a 0°C;
Le saldature da eseguire sia in officina che in opera saranno così realizzate:

- giunti testa-testa, a croce, a T: saranno a completa penetrazione e dovranno risultare di seconda classe;
- cordoni d'angolo: lo spessore della gola dovrà essere pari a 0,7 volte lo spessore minimo degli elementi da collegare.

**2. Norme di montaggio**

Il montaggio delle strutture sarà effettuato con personale, mezzi d'opera ed attrezzature dell'Impresa e verrà condotto sotto la sua piena ed incondizionata responsabilità, secondo la progressione temporale prevista a programma.
Le dime di montaggio dovranno essere inviate in cantiere con un congruo anticipo.
Le misurazioni sulle fondazioni e lo scambio delle bindelle saranno fatte da personale dell'Impresa in tempo utile e comunque prima del definitivo inghisaggio dei tirafondi. Tutte le misure per i tracciamenti dovranno avere origine da un unico caposaldo su cui saranno indicate le coordinate di base ed il riferimento per il piano di imposta. E' pertanto responsabilità dell'Impresa il corretto posizionamento delle dime e delle piastre ed il montaggio degli elementi strutturali secondo i disegni di cantiere.
Prima dell'apertura del cantiere dovranno essere definiti per tempo: le aree per le installazioni fisse, le necessità di servizi e utenze, l'area di deposito dei materiali, gli accessi necessari al montaggio, tipi, pesi e carico dei mezzi semoventi, ecc.
All'atto dell'arrivo in cantiere tutti i materiali, sia singoli che composti, dovranno presentare, chiaramente visibili, le marche di riconoscimento d'officina.
Nel caso in cui fosse richiesta la verniciatura in officina delle strutture, se queste all'atto del loro arrivo in cantiere presentassero difetti o danneggiamenti alla medesima, si dovrà procedere all'esecuzione dei necessari ritocchi o ripristini prima della posa in opera.
Particolare cura dovrà essere posta per evitare danneggiamenti durante lo scarico, la movimentazione e il tiro in alto dei materiali.
Il piano di sollevamento/varo, che è di esclusiva e totale responsabilità dell'Impresa, dovrà essere trasmesso al Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione ed alla Direzione lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio. Durante le operazioni si dovranno scrupolosamente osservare le norme di sicurezza, in accordo con il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione. Il piano dovrà essere corredato con l'elenco e le caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera che l'Impresa prevede di utilizzare.
I lavori dovranno essere eseguiti sotto la direzione di un unico responsabile, a tutti gli effetti, la cui presenza in luogo dovrà essere continuativa.

**3. Controlli e tolleranze**

L'Impresa è tenuta ad effettuare tutti i controlli geometrici sulle strutture e controlli non distruttivi su saldature e bullonature così come prescritto da norme regolamenti e buona pratica costruttiva.
La Direzione lavori ed la Commissione di Collaudo Tecnico-Amministrativo e Statico ha la facoltà di procedere, in corso d'opera e/o a fine lavori, a controlli sulle strutture montate, per i quali l'Impresa è tenuto a mettere a disposizione, a propria cura e spese, personale, attrezzature, ponteggi e quanto altro occorrente all'espletamento dei controlli stessi.

Sono ammesse tolleranze dell'1% (uno per mille) sulla lunghezza di ogni elemento strutturale sia verticale che orizzontale. Il fuori piombo delle colonne non dovrà superare il 3,5%. (3,5 per mille) dell'altezza degli interpiani e l'1,5%. (1,5 per mille) dell'altezza totale dell'edificio.

## Art. 39. Posa dei tasselli di ancoraggio chimico

**Dati di posa e carichi raccomandati**
I dati di posa (diametro del foro, lunghezza di ancoraggio, interasse dei tasselli, distanza dal bordo, etc…) e i carichi raccomandati dovranno essere conformi a quanto indicato nella scheda tecnica e nei disegni costruttivi del progettista.

**Modalità di posa**
Per garantire la tenuta del fissaggio con la resina HILTI HIT-HY 70 (o similare), occorre, una volta forata la superficie in muratura piena tramite perforatore, pulire accuratamente il foro con un getto d'aria (≥ 2x), con uno scovolino (≥ 2x) ed ancora con un getto d'aria (≥ 2x); quindi iniettare la resina all'interno del foro ed inserire manualmente la bussola/barra filettata in acciaio con movimento rotatorio al fine di distribuire la resina uniformemente su tutta la superficie.
Se la profondità del foro fosse maggiore di 15/20 cm, è opportuno servirsi del tubo miscelatore in plastica da collegare all'estremità dell'ugello, affinché l'iniezione della resina raggiunga la profondità desiderata.
Una volta erogata la resina all'interno del foro, vi è un tempo di lavoro in cui le barre possono essere posizionate, ed un tempo in cui occorre non intervenire al fine di permettere il completo indurimento. Per conoscere tali valori, si faccia riferimento alle indicazioni presenti nella scheda tecnica.

## Art. 40. consolidamento strutture voltate

**Premessa metodologica**
Il consolidamento delle strutture voltate dovrà avvenire in riferimento alle primarie istanze di sicurezza e cons ervazione; appurata l'efficienza statica dei piedritti di sostegno delle volte l'intervento dovrà essere sostanzi almente localizzato a ristabilire o a consolidare la continuità strutturale dell'elemento e, l'eventuale, contenim ento dell'azione spingente sui sostegni verticali. La scelta della metodologia d'intervento su questo tipo di strut ture dovrebbe riuscire a coniugare l'esigenza di sicurezza strutturale e, allo stesso tempo, cercare di non strav olgere la configurazione spaziale della struttura voltata. Le opere di consolidamento indirizzate alla ricostruzi one della continuità strutturale vengono attuate generalmente quando a causa di dissesti di varia natura e di una certa entità o a causa di mutate condizioni di carico o per eccessivo degrado dei materiali componenti la struttura non risulta più idonea ad adempiere il suo ruolo strutturale manifestandolo, in molti casi, con l'alteraz ione dello stato di equilibrio originale con l'apparizione di fessurazioni e, in casi limite, anche con il distacco d i parti costituenti. Gli interventi, in questo caso, possono essere diversi e la loro applicazione potrà essere fatt a attraverso il consolidamento messo in opera nella parte estradossale o intradossale ricorrendo ad opportun e ed idonee tecnologie che prevedano la messa in opera di materiali di sostegno e di rinforzo. Le tecniche svi luppate di seguito, non ottempereranno la possibilità di operare un consolidamento attraverso lo smontaggio e la ricomposizione della struttura voltata seguendo la stessa tecnica costruttiva adoperata in origine, sostitue ndo le parti ammalorate con elementi nuovi similari e compatibili a quelli originali e allo stesso tempo operan do il consolidamento dell'intera struttura durante la fase di rimontaggio. Questa risoluzione, per ovvie ragioni, dovrà implicare la perfetta conoscenza delle tecniche antiche ma soprattutto la comprensione profonda delle diverse fasi operative cercando di capire i limiti connaturati con la risoluzione al fine di ovviarli e superarli att raverso accorgimenti consoni al caso.

**Art. 15.1 – Operazioni di Consolidamento di volte in muratura (laterizio e/o pietra)**
**Generalità**
Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento che di seguito verrà enunciata, sarà opport uno seguire delle procedure e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità voltata oggetto d'intervent o; queste operazioni inoltre salvaguarderanno l'integrità di ogni singolo elemento che compone l'unità struttur ale e creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e l'efficacia dell'intervento.
*Verifiche preliminari*
– Riconoscimento ed identificazione dello schema di funzionamento statico del sistema voltato;
– analisi dei materiali e della funzione strutturale dei singoli elementi;
– accertamento delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte;
– analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado;
– valutazione complessiva del comportamento dell'unità strutturale.
*Stuccature preliminari*
Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.

*Puntellatura*
Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a q uello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adeguate sbatacchiatur e al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di volte affrescate, ovvero decorat e, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricord a, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.
*Rimozione materiale inerte*
Tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfianco) sovrapposto alla vo lta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuare manualmente e dovrà avanzare (per str ati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivar e all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia di vol ta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfianchi; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a pa diglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per ma ggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).
*Pulizia dell'estradosso*
Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od alt ri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsiste nti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

**1. Consolidamento con tirante metallico**
L'intervento si pone il fine di presidiare i meccanismi di spinta presenti in un sistema voltato, collaborando ed assorbendo la componente orizzontale della spinta, diretta diagonalmente verso il basso. Generalmente sara nno messi in opera alle reni della struttura (ovverosia in posizione staticamente più corretta ed efficace); talvo lta, comunque, potranno essere posizionati anche all'imposta, o all'estradosso, parzialmente annegati nella mu ratura in corrispondenza della chiave.
L'intervento consisterà nel posizionamento di tiranti in acciaio Fe 360, adeguatamente dimensionati secondo le prescrizioni di progetto (comunque non inferiori a $\phi$16 mm e lunghezza massima 20 m), a livello dell'imposta della volta. Il dimensionamento e la tipologia di ancoraggio (paletto, piastra, tirafondi, fialoide ecc.) del tiran te saranno in relazione sia al tipo ed allo stato di conservazione della muratura dei piedritti, sia al fatto che l a reazione al punzonamento del muro dovrà essere almeno uguale alla spinta orizzontale esercitata dalla vol ta. L'interasse tra i tiranti sarà tanto più modesto quanto più sottile sarà la sezione del muro su cui agiranno gl i ancoraggi e quanto più avanzato sarà il dissesto della struttura.
La procedura operativa d'intervento seguirà quella prevista nell'articolo sul consolidamento delle murature co n tiranti metallici orizzontali.
*Avvertenze:* Questo tipo d'intervento non sarà sufficiente da solo a riequilibrare e ripristinare il primitivo stato tensionale delle volte, come non potrà riportare una struttura deformata e decoesa allo stato originale (oper azioni che dovranno essere previste parallelamente a questa procedura); potrà, però, evitare ulteriori peggi oramenti dei dissesti dell'unità strutturale. L'operazione, pertanto, dovrà essere di complemento o di completa mento ad interventi di consolidamento strutturale.

## Art. 41. Consolidamento coperture

**Premessa metodologica**
Le coperture lignee possono essere distinte tra quelle considerate spingenti, che trasferiscono sulle strutture pe rimetrali sollecitazioni generatrici di spinte con componente orizzontale (anche in fase statica) non assimilabili dalle murature e quelle non spingenti, dove gli elementi portanti poggiano direttamente su strutture che trasm ettono alla muratura solo sforzi verticali di compressione.
La casistica di tetti che si possono definire "spingenti" comprende diverse tipologie strutturali: tetto a capanna con orditura primaria direttamente appoggiata sulle pareti di testata (tetto alla toscana composto da trave d i colmo ed arcareccio terzere orizzontali) o su quelle laterali (tetto alla piemontese composto da falsi puntoni) e con l'orditura secondaria (travicelli, palombelli, morali, correnti, mezzanelle, listelli ecc.) gravante, a second a della tipologia, o sulle pareti trasversali o su quelle laterali; tetto a padiglione od a capanna con testa a p adiglione. In entrambe queste tipologie strutturali andrà fatta particolare attenzione in prossimità degli angol i dove i falsi-puntoni o paradossi insistono maggiormente.
Altra situazione a rischio è costituita dalla presenza di tetti con capriate lignee aventi gli appoggi che non insi stono su tutta la sezione muraria, ovvero non risultano idoneamente vincolati: l'incavallatura, caricando in mani era disomogenea la muratura d'imposta, genera tensioni differenziali tra i due paramenti murari. Nel param ento esterno si potranno verificare azioni di punzonamento con conseguenti espulsioni locali di materiale, ment re la muratura interna (dove, cioè, appoggia la capriata) verrà sollecitata sia dall'azione verticale causata d

alla catena sia da quella orizzontale diffusa da quest'ultima per attrito: la conseguenza di queste azioni sarà il distacco di una zona limitata dell'apparecchio interno.
In presenza di tetti spingenti, (ma è vivamente consigliabile anche in presenza di tetti considerati "non spingenti" ed in particolare in zona sismica) è opportuno che l'intervento manutentivo prescelto sia finalizzato al "miglioramento" (termine utilizzato dalla normativa per le costruzioni in zona sismica) del comportamento strutturale, così da poter ovviare a pericolosi fenomeni di martellamento sui setti murari; per questo il progetto dovrà, necessariamente, prevedere una serie di operazioni che possano garantire sia la connessione solidale tra i vari elementi che compongono l'orditura (primaria e secondaria), sia l'unione strutturale tra il tetto e la muratura dando vita ad un sistema scatolare chiuso capace di annullare le spinte e comportarsi in maniera solidale in caso di azione sismica.
L'intervento sulle strutture lignee delle coperture dovrà essere effettuato previa verifica delle cause che hanno provocato i dissesti e degradi presenti sulle parti componenti la struttura, distinguendo gli elementi che hanno subito ammaloramenti locali o diffusi da quelli che presentano un buono stato conservativo; sovente le cause del decadimento fisico, con conseguente perdita della consistenza, sono riconducibili al naturale invecchiamento del materiale, all'assenza di manutenzione, all'azione distruttiva dell'acqua e all'attacco di microrganismi biologici quali muffe, insetti ecc. Tutto questo può portare la struttura al limite della resistenza per cui, il suo assetto statico risulta incapace di sopportare l'incremento delle sollecitazioni dovute al sisma. Una mancata manutenzione della copertura (con relativa inefficienza del sistema di smaltimento delle acque piovane o dissesto del manto di copertura) può innescare una riduzione dell'efficienza della connessione muratura-copertura portando la struttura a non essere più in grado di assolvere la funzione di solidarizzazione tra murature. In fase sismica si potrà avere la perdita totale o parziale dell'efficienza del nodo strutturale con conseguenti cedimenti differenziati, allontanamenti degli appoggi, lesioni degli apparecchi murari, privazione dell'efficienza dei collegamenti (sfilamento delle travi con successiva perdita della funzione di sostegno).
La volontà è di proporre una casistica di metodologie d'intervento "rispettose" dello stato di fatto, perché l'atteggiamento deve sempre essere quello di comprendere la conformazione della struttura, al fine di mantenerne i tratti salienti che la caratterizzano. Questo non vuol dire escludere a priori la possibilità di operare eventuali sostituzioni d'elementi eccessivamente degradati (il cui recupero comporterebbe un impegno economico e tecnico eccessivo per questo tipo di strutture) o l'introduzione d'elementi di rinforzo che potrebbero essere, in altri frangenti, considerati troppo invasivi. Ogni intervento dovrebbe essere sempre preceduto e supportato da opportune verifiche preventive, eseguite su campioni significativi di materiale, finalizzate all'accertamento della reale capacità meccanica delle strutture i cui risultati dovrebbero delineare i tratti salienti del progetto di recupero.
Quello che riteniamo riprovevole è l'atteggiamento, che molte volte si verifica in queste circostanze, eccessivamente cautelativo del Tecnico progettista che debilita la struttura aprioristicamente e per questo opta per risoluzioni drastiche, solo apparentemente più sicure, quali, ad esempio, quelle che prevedono sostituzioni di carpenteria lignea ancora efficiente ed affidabile (talvolta solo esteticamente malandata) con membrane nuove o, peggio ancora, in cemento aggravando, in questo modo, la muratura con nuovi pesi, talvolta eccessivi. Le diverse risoluzioni di consolidamento di seguito elencate, sono state scelte a discapito di altre poiché accomunate dalla volontà di rispettare la conformazione tecnico-costruttiva dell'esistente e, pur non perdendo di vista la natura dei manufatti cui si rivolge l'intervento, risultano operazioni confacenti al caso per praticità e facilità di messa in opera da parte delle maestranze e, allo stesso tempo, poiché rappresentano la giusta mediazione tra le operazioni eccessivamente invasive e quelle estremamente "sofisticate" più confacenti ad organismi di maggior pregio.

***Art. 41.1 – Operazioni di Consolidamento di coperture in legno***
**Generalità**
Prima di mettere in pratica qualsiasi risoluzione che, di seguito, verrà enunciata si renderà necessario seguire delle procedure preliminari indirizzate sia alla salvaguardia dell'integrità di ogni singolo elemento che compone la struttura del tetto, sia per creare le condizioni atte a garantire una corretta esecuzione dell'intervento. Le operazioni sotto elencate, per fasi successive, costituiranno le accortezze da prendere nell'effettuare il caut o smontaggio del tetto (ci potrebbe essere il caso in cui lo smontaggio non comprenderà gli elementi lignei che costituiscono l'orditura primaria in quanto l'intervento di manutenzione è stato previsto, qualora le condizioni conservative lo consentano, in loco):
– puntellamento e/o sbatacchiamento con appropriati ritti regolabili da cantiere della struttura portante del tetto;
– rimozione dei canali di gronda delle canne fumarie, dei comignoli, delle antenne, delle scossaline e quant'altro sia presente sulla copertura;
– verifica della stabilità dei cornicioni e, nel caso siano direttamente connessi con la struttura del tetto, provvedere ad idonei puntellamenti;
– rimozione del manto di copertura ed accatastamento all'interno del cantiere od in altro luogo sicuro (in ogni caso non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio);

– verifica di ogni singolo elemento che compone il manto di copertura (presenza di eventuali rotture e/o cricc ature) al fine di accertarne l'eventuale riutilizzabilità e, in tal caso, procedere con la rimozione dalla superfici e di ogni genere di deposito (muschi, licheni ecc.) per mezzo di una pulitura manuale tramite bruschinaggio co n spazzole di saggina;
– totale o parziale (a seconda del tipo di intervento) rimozione del sottopiano (in pianelle o in tavolato) e del la piccola orditura lignea compreso il disancoraggio dalla struttura primaria e loro, eventuale, accatastament o in luogo sicuro ed esterno alla struttura, avendo cura di selezionare gli elementi ancora efficienti e riutilizza bili e di effettuare eventuali interventi di pulitura che dovranno essere di tipo manuale con l'ausilio di spazzol e di saggina. Nel caso in cui gli elementi si presentassero alterati (dipinti, trattati con materiali cerosi o vernici a smalto) e il progetto preveda il ripristino dello stato originale, occorrerà procedere alla loro sabbiatura co n l'ausilio di appropriati apparecchi aeroabrasivi ricorrendo ad inerti indicati, nello specifico, dalla D.L.

**1. Collegamento tra le strutture della copertura e la muratura**

L'intervento si pone il fine di garantire un'adeguata connessione tra le strutture lignee di copertura e le murat ure, così da ridurre l'azione spingente delle coperture ed evitare pericolosi fenomeni di martellamento delle s tesse sui setti murari. Particolare attenzione si dovrà porre nel valutare l'effettiva capacità meccanica delle m urature d'imposta, sovente soggette ad infiltrazioni d'acqua, ad oscillazioni termiche (con conseguente disgre gazione dei giunti di malta e degrado del materiale costituente l'apparecchio) e, appunto, a sollecitazioni de gli appoggi delle strutture lignee.
Per quanto detto sopra risulta, sovente, consigliabile "bonificare", ovvero consolidare preventivamente le mur ature sommitali mediante il ripristino dell'imposta con elementi di laterizio pieno ben apparecchiati con malta idraulica. Varianti di questa procedura sono trattate nell'articolo specifico sul consolidamento delle murature.

**1.2. Collegamento mediante piatti metallici**

L'intervento sarà consigliabile per tutte le coperture con orditure lignee semplici costituite da travi principali p arallele alla gronda ed appoggiate su murature trasversali a timpano e orditura secondaria costituita da tra vicelli, mezzanelle, o palombelli. Il protocollo operativo prevede l'inserimento di più elementi congiunti (ancor aggi verticali, collegamenti longitudinali dei muri con tiranti ad "L", selle di appoggio delle travi ecc.), in corri spondenza del piano di imposta della copertura, capaci di collegare le murature e garantire un comportame nto scatolare. La messa in opera di questo tipo di soluzione permetterà di realizzare un'opportuna indeforma bilità e rigidezza del piano così da poter rinunciare alla messa in opera della caldana in cls. Tutte le connessi one saranno, preferibilmente, eseguite con bullonatura e non con saldatura allo scopo di prevenire la diminuzi one di protezione (disposizione all'ossidazione, dovuta alla rimozione della zincatura protettiva) che questa t ecnica potrebbe introdurre.
Di pari passo all'eventuale consolidamento della muratura trasversale d'imposta, si procederà alla messa in o pera dei dispositivi di appoggio ed ancoraggio delle travi principali costituiti, seguendo i disegni di progetto, da selle in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (spessore minimo 5 mm), precedentemente a ncorate al timpano di muratura mediante barre filettate AISI 316L (minimo 2 $\phi$ 16 mm) di lunghezza variabil e (comunque non inferiore ai 90 cm), inserite in perforazioni (minimo $\phi$ 36 mm) verticali (o con lieve inclinazion e) ed annegate in malta reoplastica, colabile, a ritiro compensato, fibrorinforzata ad alta duttilità. Le travi sa ranno vincolate alle selle (al fine di bloccare gli eventuali movimenti di scorrimento) mediante una caviglia me tallica trasversale che potrà essere costituita (a seconda delle prescrizioni di progetto) da un tubo liscio (in ac ciaio inox) all'interno del quale verrà posto il perno che potrà essere formato da un bullone dotato di doppi dadi all'estremità; in alternativa la caviglia potrà essere composta da una barra inox filettata a sezione circo lare (minimo $\phi$ 14 mm) dotata anch'essa di doppi dadi all'estremità. La superficie di contatto della trave con quella della sella sarà isolata tramite un foglio di neoprene (spessore circa 8-10 mm).
Le interconnessioni tra i vari elementi, in corrispondenza dei nodi (come angoli e collegamenti a martello) e de i colmi dei timpani murari saranno risolte con la preventiva messa in opera di piastre di connessione (spessore minimo 10 mm) che accoglieranno le necessarie bullonature (da 4 a 8) dei tiranti longitudinali, trasversali e di agonali. Queste piastre saranno ancorate alla muratura sottostante mediante opportuni tirafondi in acciaio zi ncato (minimo 4-6 $\phi$ 14 mm inghisati in $\phi$ 24 mm).
Per tutto il perimetro della muratura d'attico, sarà posizionato un ferro piatto (sui muri di testa e sui setti trasv ersali rompitratta) ovvero sagomato ad "L" (sulle pareti di gronda, dove appoggiano solo i travicelli), di acci aio zincato a caldo, adeguatamente dimensionato (ad es. 100x100 mm) di sezione minima 10 mm ancorato, t ramite bullonatura (dado e rosetta di acciaio zincato) e/o tirafondi, alle piastre nodali, ai congegni di appog gio ed ancoraggio delle travi, ai travicelli ortogonali alla gronda e alla chiodatura armata della muratura lo ngitudinale costituita da barre in acciaio uguali a quelle utilizzate per l'ancoraggio delle selle ($\phi$ 16/900 mm inghisate in $\phi$36 mm intervallate ogni 60 cm).
Il protocollo prevede, inoltre, il posizionamento di tiranti diagonali costituiti da piatti in acciaio (sezione minim a 5x80 mm) disposti sulle falde e bullonati ai piatti perimetrali in modo da rendere indeformabile la maglia quadrangolare costituita in precedenza.
Viti autofilettanti in acciaio inox ($\phi$ 6/80-100 mm) assicureranno il collegamento tra l'orditura minuta e quella principale.

**1.3. Collegamento mediante cerchiatura dell'edificio in sommità**

*Cordolo in acciaio*

La funzione di "cappello strutturale" potrà essere ottenuta anche tramite l'inserimento, in sommità alle muratur e portanti, di una cordolatura in travi di acciaio, adeguatamente dimensionate seguendo le prescrizioni di pro getto. Sarà ancorato alla muratura d'imposta mediante opportuni fissaggi di lunghezza variabile, fermate m ediante dado. La superficie di contatto del cordolo con la muratura sarà isolata tramite un doppio foglio di n eoprene (gomma sintetica resistente all'azione nociva degli agenti atmosferici). Per le dimensioni dei profili e dei fissaggi si faccia riferimento al progetto strutturale.

Tutte le travi di cordolo dovranno essere preventivamente zincate e trattate con specifici prodotti anti-ruggine.

**2. Irrigidimento e controventatura delle falde di copertura**

L'intervento si pone lo scopo di migliorare o fornire una controventatura ed il conseguente irrigidimento delle f alde di copertura, al fine di garantire un comportamento cosiddetto a piastra.

**2.1. Irrigidimento e controventatura mediante tavolato ligneo**

La procedura risulta realizzabile in tutte le coperture semplici nelle quali il piano di appoggio del manto di c opertura si rilevi visibilmente deformato, in uno stato avanzato di degrado e male, o per niente, ancorato all' orditura sottostante. Tale intervento risulta di facile esecuzione (non richiede, infatti, manodopera specializzat a), veloce ed a secco.

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari di smontaggio della copertura si procederà alla posa in opera dei pannelli in OSB di spessore indicato dai disegni di progetto (comunque non inferiore a 25 mm) ed in funzi one dell'interasse dei morali o correnti, fissato a perfetto contatto e posizionato ortogonalmente alla pendenz a di falda. Il pannello in OSB, sarà ancorato alla sottostante struttura attraverso viti autofilettanti di acciaio in ossidabile o chiodi inox filettati o scanalati (minimo $\phi$ 4 mm inseriti con trapani per chiodature oppure manual mente) cominciando dalla linea di gronda e proseguendo, per corsi rigorosamente paralleli, fino a quella di c olmo. Si ricorda che tutto il legno che andrà posato in opera dovrà essere preventivamente trattato con prod otti fungicidi e/o tarlicidi (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

**3. Rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature**

L'intervento verrà eseguito allorché la testa di una trave risulti deteriorata in modo avanzato, (tanto da comp romettere la stabilità dell'intera unità strutturale con il rischio di coinvolgere, per l'azione che le strutture ausili ari esercitano, quelle adiacenti) e, pur non garantendo un adeguato appoggio, non si ritenga opportuno oper are la sostituzione totale della struttura, sia per ragioni estetiche, sia economiche che logistiche (difficoltà dell a procedura di sostituzione). Prima di effettuare qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante parziale o i ntegrale, dovrà essere effettuata una scrupolosa campagna diagnostica del manufatto al fine di verificare lo stato conservativo della trave e la sua reale efficienza statica.

A questa categoria di intervento appartengono diverse tecniche esecutive, alcune condivisibili (quelle cioè che impiegano prevalentemente legno come gli incalmi o legno lamellare in opera) altre accettabili con riserva, c ome quelle che prevedono la ricostruzione della testata della trave mediante getto di betoncino epossidico e protesi costituite da barre in acciaio inossidabile o vetroresina.

**3.1. Ricostruzione mediante protesi in legno**

La procedura si effettuerà dall'estradosso della trave; previa puntellatura della struttura, con ritti regolabili da cantiere, si rimuoveranno nelle zone limitrofe alla testa della trave le porzioni del pavimento o del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto ed eventuali travetti o morali dell'orditura secondaria; infine si scoprirà la testa della trave liberandola dall'ammorsatura del muro. Si eseguirà, seguendo le indicazioni di p rogetto, un'accurata pulizia al fine di evidenziare la parte danneggiata e si procederà ad asportare le parti deteriorate (marcescenti) del legno che, a giudizio della D.L., non potranno essere risanate; si ricorda che sar à esplicitamente vietato l'uso dell'accetta.

La creazione d'appropriate protesi in legno potrà essere eseguita seguendo diverse tecniche, in ogni caso l'o biettivo dell'intervento, oltre al ripristino dell'efficacia del collegamento esistente, sarà quello di mantenere, p er quanto sarà possibile, l'articolazione e la duttilità originale del nodo. Il materiale ligneo, da mettere in ope ra per l'integrazione, dovrà essere d'eccellente qualità (anche superiore a quella del materiale originale), pri vo di difetti, a bassa umidità (non dovrà superare il 6-10%); inoltre dovrà essere, se sarà possibile, della stes sa specie legnosa o, altrimenti, di una specie altrettanto dura e durevole. Tutto il legname utilizzato dovrà ess ere preventivamente trattato con prodotti biocidi.

*Protesi con incalmi*

L'intervento si baserà sulla tecnica dell'incalmo, ovverosia la sostituzione della parte degradata con una prote si di legno massiccio stagionato della stessa specie di quello originale, unita al moncone sano mediante una gi untura verticale da realizzarsi con profili ad incastro (ad es. a metà legno retto od obliquo, a dardo di Giove, a forchetta ecc.) sagomato seguendo le prescrizioni di progetto o specifiche delle D.L. (di norma la lunghezz a dell'incastro varia dalle 2 alle 3 altezze della trave). Al fine di migliorare questa unione si potranno utilizza re delle appropriate cravatte metalliche o dei bulloni in acciaio inossidabile (minimo 2 $\phi$ 10 mm inghisate in $\phi$ 11 mm, i fori per i bulloni potranno avere un diametro massimo aumentato di solo 1 mm rispetto al diametr

o del bullone stesso) a sezione circolare e testa esagonale vincolati al legno con dado cieco e rondella in acci aio con diametro minimo 3,5 ϕ (con diametro uguale al diametro del bullone) e spessore di almeno 0,3 ϕ (in ogni caso non inferiore ai 4 mm). I bulloni dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serra ti e, se sarà necessario, dovranno essere ulteriormente stretti quando il legno avrà raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio. Una regola pratica per calcolare la distanza tra le barre stabilisce una misura minim a di 7 ϕ e comunque non inferiore a 10 cm.
Una variante a questa procedura, per testate di travi, prevederà il taglio a 45° (in ogni caso compreso tra 3 0° e 60°) della struttura lignea degradata, con la conseguente messa in opera della protesi in legno massicci o. Le due parti saranno vincolate da barre nervate Fe B 44 K in acciaio inossidabile, il numero minimo consigli ato, dall'Eurocodice 5, sarà di 2+2 ϕ 12 mm inghisati in ϕ 16 mm (il diametro del foro consigliato sarà pari al diametro nominale della barra scelta + 4 mm) per una lunghezza minima di ancoraggio, (consentita dall'E C5, UNI ENV 1995) di 200 mm (la lunghezza minima consentita dall'EC5 è la massima fra 0,4 x ϕ 2 della ba rra e 8 x ϕ). Queste barre verranno posizionate in altrettanti fori o scassi laterali (distanza minima tra centro della barra ed i bordi laterale, inferiore/superiore della sezione 2,5 x ⌴ = 35 mm) realizzati nella trave e nella protesi, tramite trapani o frese, vincolate alla struttura lignea tramite adesivo strutturale epossidico (car atteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm², resistenza a compressione 45-55 N/mm², resistenza a flessione 30-60 N/mm², modulo elastico 4000 N/mm²), in caso di scassi laterali, saranno richiuse con un tassello in legno che, consentendo una finitura con pialletto, permetterà di raggiungere una buona risol uzione estetica.
In caso di ripristino degli elementi di una capriata lignea la procedura sarà identica a quella sopra descritta ad eccezione dell'inclinazione del taglio della parte degradata che sarà in funzione della sollecitazione princ ipale che la struttura dovrà assolvere: per la catena l'inclinazione sarà di circa 60° per meglio trasmettere lo sforzo di taglio, per i puntoni (o altra struttura prevalentemente compressa) sarà indicato operare un taglio a 90° (giunto testa a testa).

**3.2. Ricostruzione mediante concrezioni epossidiche ed elementi di rinforzo**

Questo tipo di intervento dovrà essere eseguito solo in caso di vera necessità e quando non si possa realment e intervenire con sistemi meno invasivi. L'intervento si effettuerà dall'estradosso della trave e seguirà le medes ime procedure preliminari del precedente, ad eccezione della possibilità, se espressamente richiesta dalla D. L., di lasciare uno strato superficiale di legno in modo da assumere la funzione di casseratura, almeno parzial e, del successivo getto. Si praticheranno dei fori nel legno sano aventi profondità ed inclinazione dettate dal progetto; previa pulizia del foro mediante aspirazione dei trucioli si inseriranno, seguendo le indicazioni di pr ogetto, le barre in acciaio inossidabile Fe B 44 K ad aderenza migliorata o filettate (ad es. ϕ12 mm inghisat o in ϕ 16 mm) o in vetroresina per una lunghezza minima di 50 cm e si posizioneranno le eventuali staffe ϕ 8 /200 mm (di acciaio inossidabile) di completamento dell'armatura; infine si provvederà al getto riempitivo in conglomerato di resina epossidica normalmente caricato con inerti o fibre. Questo composto dovrà essere cap ace di trasmettere sforzi di taglio nell'ordine di grandezza di quelli sopportati dal legno massiccio (circa 2-3 N/mm²).
L'eventuale casseratura potrà essere rimossa solo a presa avvenuta (circa una settimana), mentre la puntellatu ra potrà essere dismessa previa ricostruzione della breccia e maturazione del getto.
Questa tecnica ha, indubbiamente, il vantaggio di essere relativamente economica, rapida e versatile senza alterare significativamente (specie se è possibile lasciare l'involucro della trave) l'estetica della trave, di contr o, specie se adoperata per ricostruire interi nodi di capriate, può rivelarsi pericolosa a causa del mutamento della ripartizione delle tensioni interne. Inoltre, il valore antisismico dei collegamenti delle aste lignee, indotto dalla duttilità del collegamento stesso, viene a mancare.

**4.Consolidamento di travi mediante cerchiature**

La procedura si rivolgerà a strutture sottoposte a sollecitazioni non elevate interessate da rotture, deformazio ni o in ogni caso fessurate, purché queste non siano attaccate da funghi, insetti o altre patologie debilitanti i t essuti legnosi. Questa tecnica si baserà sul ricollegamento di porzioni distaccate attraverso l'operazione comb inata di viti autofilettanti e di cerchiature metalliche. Sarà una procedura totalmente reversibile che non richie derà alcuno smontaggio dell'unità strutturale.
Previo puntellamento dell'unità strutturale si procederà all'immissione perpendicolare, alla superficie di rottur a (così da essere sollecitate, in prevalenza a taglio e trazione), delle viti autofilettanti (operazione da compie re a mano e con il sussidio di idonee dime lignee) in eventuali perfori eseguiti con trapano a sola rotazione m unito di punta notevolmente più sottile del gambo della vite. L'uso del trapano potrà essere d'aiuto anche per sondare i tessuti legnosi, non si potrà, infatti, utilizzare questa procedura in presenza di rotture nette con tessu ti legnosi affetti da attacchi biocidi (inconsistenza del legno). Le viti (minimo ⌴ 6-8 mm) dovranno, preferibilm ente, essere d'acciaio inossidabile (o in ottone) così da presentare, oltre alla resistenza alla corrosione, partic olare proprietà di durezza del filetto e un'eccellente attitudine al taglio. La lunghezza sarà in rapporto alla s ezione della struttura e seguirà le disposizioni di progetto, in ogni caso la parte liscia del gambo dovrà esser e circa pari alla parte separata della trave più vicina alla testa della vite stessa.

La cerchiatura sarà composta, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, da due bracci pia tti in acciaio inossidabile AISI 304L (uniti da viti di serraggio e di regolazione rivolte in basso per facilitare la regolazione) sagomati a sella (al fine di escludere sollecitazioni nocive sui bordi della struttura in fase di bloc caggio e di esercizio) nelle parti (superiori ed inferiori) a contatto con la trave, ma con l'interposizione di idon ei materiali (tavole di legno duro, strisce di compensato per usi strutturali ecc.) adatti a diffondere le tensioni ed evitare il contatto diretto tra acciaio e legno, sovente fonte di condense, a tal fine anche i bracci laterali s aranno tenuti separati dal legno mediante interposizione di foglio in neoprene.

## Art. 42. Impermeabilizzazione coperture

**Preparazione del piano di posa in legno per l'applicazione delle membrane posate a fiamma**

Sulle coperture in legno, nella concezione della stratigrafia e durante le operazioni di posa delle membrane applicate a fiamma, si deve tener presente la problematica della prevenzione degli incendi. Si consideri che il tiraggio di una intercapedine ventilata posta sotto un tavolato aumenta considerevolmente il rischio dell'incendio che, se innescato, si propagherà con una velocità molto più elevata di quella di un tavolato non ventilato e sarà difficilmente controllabile. La presenza nella intercapedine di isolanti termici facilmente infiammabili avrà sicuramente un effetto moltiplicatore sulla probabilità dell'innesco e sulla velocità della propagazione dell'incendio. Da qui l'esigenza di progettare e posare correttamente delle opportune misure di prevenzione degli incendi che si possono riassumere nei seguenti punti:

- schermatura delle linee di accostamento delle tavole di legno o dei pannelli lignei industriali (OSB,PLYWOOD,ecc.) con fogli o fasce di membrana fissate meccanicamente;
- pontaggio (pontage) delle linee di intersezione fra i tavolati delle diverse falde del tetto con fasce fissate meccanicamente con funzioni sia di barriera alla fiamma che di sostegno del rivestimento impermeabile;
- impiego, nelle intercapedini, di isolanti incombustibili (lana di roccia);
- formazione specifica del personale sul rischio d'incendio durante la posa sui tavolati di legno.

**Preparazione del piano di posa per fissaggio meccanico della membrana tipo rollbase p/v senza imp iego di fiamma.**

Sistema valido sia sui tavolati di legno massello sia sui pannelli lignei di grandi dimensioni.

Il piano di posa in legno sarà rivestito con una membrana bitume distillato polimero multifunzionale con faccia inferiore assorbente con il duplice scopo di proteggerlo dalla fiamma di posa degli strati successivi e di mantenerlo asciutto. Sul tavolato verrà fissata meccanicamente, con chiodi a testa larga 10 mm ca. o con graffe metalliche, una membrana elastoplastomerica con la faccia inferiore rivestita con tessuto non tessuto di poliestere a vista tipo ROLLBASE P/V armata con feltro di vetro e dotata di cimosa di sormonto sulla faccia inferiore. La membrana avrà massa areica di 2 kg/m2, una resistenza alla lacerazione EN 12310-1 L/T di 190/200 N, una resistenza a trazione EN 12311-1 L/T di 400/200 N/5 cm e un allungamento a rottura EN 12311-1 L/T del 50/20%. I teli, stesi a secco lungo il senso di massima pendenza saranno sovrapposti per 8 cm lungo la cimosa predisposta sul bordo laterale e per 10 cm in testa e verranno fissati con chiodi o graffe ogni 15 cm sui sormonti e ogni 33 cm a quinconce sul resto del foglio. In alternativa, lasciando invariato il sistema di fissaggio dei sormonti, il resto del foglio sarà fissato con chiodi o viti muniti di rondella liscia di almeno 5 cm di diametro disposti su due file parallele, distanti rispettivamente 33 e 66 cm dai bordi del telo con una cadenza di fissaggio tale da ottenere una distribuzione minima di 5 chiodi a m2 fino ad un massimo di 10 chiodi a m2 in funzione della zona climatica e delle diverse componenti della copertura.

**Preparazione del piano di posa ottenuta per "pontage" delle linee di accostamento degli stessi con fa sce di membrana armata con tessuto non tessuto di poliestere con la faccia autoprotetta con ardesia r ivolta verso il basso, fissate meccanicamente con chiodi o graffe.**

Sistema valido solo per pannelli lignei di grandi dimensioni

Nel caso che il piano di posa sia costituito da pannelli lignei di grandi dimensioni, questo verrà preparato sigillando le linee di accostamento dei pannelli con fasce di "pontage" larghe 20 cm costituite da una membrana bitume distillato polimero elastoplastomerica autoprotetta con ardesia tipo MINERAL TESTUDO SPUNBOND POLIESTERE - 3,5 kg/m2, fissato meccanicamente su entrambi i lati ogni 15 cm, ad una distanza di 4 cm dai bordi, con chiodi a testa larga 10 mm o con graffe metalliche. La membrana avrà una massa areica di 3,5 kg/m2, una resistenza alla lacerazione EN 12310-1 L/T di 140/140 N, una resistenza a trazione EN 12311-1 L/T di 750/600 N/5 cm, un allungamento a rottura EN 12311-1 L/T del 50/50% e una flessibilità a freddo EN 1109 di -15°C. Le fasce di membrana verranno posate con la faccia ardesiata rivolta verso il tavolato di legno. La stesura di una mano di primer tipo INDEVER sui pannelli è facoltativa

**Preparazione delle intersezioni fra i piani della copertura**

I materiali usati per la costituzione del piano di posa in legno su cui, secondo i casi, appoggerà direttamente il manto impermeabile o la stratigrafia di isolamento ed impermeabilizzazione, dovranno essere espressamente dichiarati come idonei all'uso in copertura dal fabbricante degli stessi e adeguatamente protetti da funghicidi ed insetticidi che al momento della posa dovranno essere completamente essiccati. Il piano di posa può essere costituito da tavole di piccole dimensioni in legno massello, o da pannelli lignei di grandi dimensioni (da 2 a 4 m2 ca.) che al momento dell'uso dovranno avere un tenore di umidità dichiarato dal fabbricante come compatibile con la posa in copertura. Il tavolato sarà adeguatamente fissato alle travi portanti e dovrà risultare liscio con fughe e disassamenti non superiori a 2 mm. Tutte le intersezioni fra piani della copertura vanno raccordate con delle lamiere metalliche larghe 0,25 m di spessore ≥0,6 mm chiodate su entrambi i lati ogni 20 cm.

1. **Posa Manto impermeabile sottotegola**

L'impermeabilizzazione sarà costituita da una membrana impermeabilizzante bitume distillato polimero elastoplastomerica, rivestita con scagliette di ardesia tipo MINERAL TESTUDO SPUNBOND POLIESTERE 4,5. I teli verranno svolti parallelamente a ROLLBASE P/V e a cavallo dei sormonti dello stesso e vi saranno incollati in totale aderenza a fiamma. I teli verranno sormontati per 10 cm nel senso longitudinale e di 15 cm di testa e saranno saldati a fiamma. La membrana verrà risvoltata e incollata a fiamma sulle parti verticali per almeno 20 cm al di sopra del livello massimo delle acque previsto. L'incollaggio del manto impermeabile verrà integrato da un fissaggio meccanico con chiodi muniti di rondella da ø 5 cm, disposti ogni 20 cm sotto i sormonti di testa dell'ultimo strato. L'asse del chiodo sarà ad almeno 5 cm dal bordo del foglio inferiore e ad almeno 6 cm dal bordo del foglio superiore. La lunghezza dei teli non supererà i 4 m. Nel caso di supporto costituito da tavolati in OSB o Plywood, i teli, svolti parallelamente al senso di massima pendenza, vanno sormontati per 10 cm nel senso longitudinale, lungo la cimosa predisposta sulla faccia superiore della membrana, mentre di testa verranno sormontati per 15 cm circa. Questi verranno poi incollati in totale aderenza a fiamma sul piano di posa e sulle sovrapposizioni e saranno risvoltati sulle parti verticali per una quota di almeno 20 cm al di sopra del livello massimo delle acque previsto.

2. **Posa diretta delle tegole sulla membrana ardesiata su cordoli di malta**

*Pendenza massima ammessa ≤35%*

Quando è consentita dal fabbricante delle tegole e ammessa dalle consuetudini locali è possibile posare il manto di tegole su cordoli di malta stesi direttamente sulla membrana per file parallele alla linea di gronda e badando di interromperle ogni 2 m ca. con una breve fenditura al fine di consentire una seppur minima ventilazione sottotegola e lo scorrimento di eventuali acque di infiltrazione.

## Art. 43. Intonaci

**Generalità**

Gli intonaci in genere dovranno essere eseguiti con temperatura e condizioni igrometriche opportune. Gli intonaci, di qualunque specie siano (lisci, a superficie rustica, a bugne, per cornici e quanto altro), non dovranno mai presentare peli, o crepature, od altri difetti. Quelli comunque difettosi o che non presentassero la necessaria aderenza alle murature, dovranno essere demoliti e rifatti dall'Impresa a sue spese.

La calce da usarsi negli intonaci dovrà essere estinta da almeno tre mesi per evitare scoppiettii, sfioriture e screpolature, verificandosi le quali sarà a carico dell'Appaltatore il fare tutte le riparazioni occorrenti. Gli spigoli sporgenti o rientranti verranno eseguiti ad angolo vivo oppure con opportuno arrotondamento a seconda degli ordini che in proposito darà la D.L..

Nella composizione delle malte degli intonaci non dovranno mai essere aggiunti prodotti cementizi.

Qualora, per lavorazioni particolari occorrerà utilizzare malte cementizie o bastarde, l Impresa è tenuta a chiedere preventiva autorizzazione alla Direzione Lavori, giustificando la necessità del loro uso.

Nelle zone interessate dai rinforzi murari o di rispristino a seguito degli interventi previsti a progetto, andrà ripristinato l'intonaco murario.

L'intonaco nuovo dovrà accompagnarsi perfettamente a quello esistente.

L'intonaco verrà ottenuto impastando il legante (calce, cemento) con gli inerti (sabbia, polvere o granuli di marmo, ecc.) e l'acqua; verrà eseguito solamente in condizioni stagionali favorevoli e dovrà essere protetto, durante la lavorazione e prima dell'indurimento, dalla pioggia e dagli agenti atmosferici sfavorevoli.

In generale, gli intonaci devono possedere le caratteristiche seguenti:

- resistenza e durabilità;
- impermeabilità all'acqua;
- effetto estetico superficiale;
- adesione al supporto e caratteristiche meccaniche.

**1. Prescrizioni**

In particolare per ciascun tipo d'intonaco si prescrive quanto appresso:

**a) Intonaco grezzo o arricciatura**

Predisporre le fasce verticali, sotto regola di guida, in numero sufficiente, verrà applicato alle murature un primo strato di malta (con la composizione prescritta) detto rinzaffo, gettato con forza in modo che possa penetrare nei giunti e riempirli. Dopo che questo strato sarà alquanto asciutto, si applicherà su di esso un secondo strato della medesima malta che si stenderà con la cazzuola stuccando ogni fessura e togliendo ogni asprezza, sicché le pareti riescano per quanto possibile regolari.

**b) Intonaco comune o civile**

Appena l'intonaco grezzo avrà preso consistenza, si stenderà su di esso un terzo strato di malta fina, che si conguaglierà con le fasce di guida per modo che l'intera superficie risulti piana ed uniforme, senza ondeggiamenti e disposta a perfetto piano verticale o secondo le superfici degli intradossi.

**g) Tonachino di finitura a base di calce idraulica naturale**

Rifinitura dell'intonaco di fondo mediante stesura di apposito tonachino di finitura a base di calce idraulica naturale, premiscelata, avente legante puro conforme norma (EN 459/1 NHL)

2), aggregati silico-calcarei selezionati con granulometria massima 0,6. La messa in opera dovrà essere posta con la massima cura al fine di distribuire il prodotto uniformemente e, in fase di presa iniziale, si dovrà rifinire il prodotto applicato mediante frattazzino di spugna, avendo cura di ottenere una superficie uniforme. Il consumo previsto per 1 mm di spessore per mq non dovrà essere inferiore a 1,4 kg/mq;

Ove è prevista l' integrazione di porzioni dell'intonaco esistente, si dovrà operare nel seguente modo:

dopo aver eseguito le operazioni già riportate nell'Art. 14– Demolizioni e rimozioni in genere, ove necessario, l' Impresa dovrà integrare la malta di allettamento, creando nel contempo un aggrappo per la successiva stesura dell'intonaco di sottofondo.

- Il nuovo intonaco dovrà essere realizzato rispettando il numero degli strati dell' intonaco esistente, riproponendo lo stesso tipo di finitura, al fine di omogeneizzare tutte le superfici.

Sulle superfici mantenute con finitura a marmorino o tonachino, saranno da effettuarsi le seguenti operazioni:

- Superfici originali con diversi stati di conservazione: previa pulitura e revisione delle superfici con rimozione delle stuccature non ritenute congrue, si applicherà un rasante a base

di calce con inerti adeguati al supporto, al fine di omogeneizzare il manufatto;

- Superfici in marmorino o tonachino realizzate in tempi successivi (locali piano terra padiglione Lotto A): è prevista l' integrazione delle parti mancanti con materiale avente le stesse caratteristiche di quello esistente, sia per composizione che per cromia.

## Art. 44. Restauro degli stucchi

- Asportazione dei depositi incoerenti sulle superfici: da eseguirsi a secco con l'ausilio di pennellesse morbide e piccoli aspiratori, compatibilmente con le condizioni di adesione e coesione di intonaci e pellicola pittorica inclusi gli oneri di protezione di superfici ed oggetti circostanti. Nel caso di difetti di coesione ed adesione sarà opportuno provvedere a fissature locali della pellicola pittorica con le modalità operative descritte nel presente capitolato alla voce specifica.

- Fissatura delle mancanze di coesione ed adesione della pellicola pittorica e dorature da eseguire con resine acriliche in emulsione acquosa, utilizzate a varia diluizione (dall'1 al 10% in acqua) applicate, previa interposizione di carta giapponese, mediante nebulizzazione e/o a pennello o con l'impiego di siringhe, con successivo schiacciamento del film pittorico mediante spatola metallica. In particolare nei casi di difetti di adesione della pellicola pittorica, laddove non sussistano eccessivi problemi di penetrazione dovranno essere privilegiate malte premiscelate iniettabili, opportunamente diluite, previa approvazione da parte della D.L. sulla base della verifica delle prove effettuate in corso d'opera e delle caratteristiche indicate nelle schede tecniche che dovranno essere preliminarmente fornite alla D.L..

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

- Consolidamento delle mancanze di adesione fra i vari strati di intonaco mediante iniezione con malte idrauliche premiscelate prive di sali idrosolubili, inclusi gli oneri di sigillatura con malta aerea dei bordi degli stessi e delle fessurazioni al fine di impedire la fuoriuscita di consolidante per iniezione ed eventuale puntellatura provvisoria di parti pericolanti (compreso l'allestimento di puntelli). Nei casi di gravi distacchi degli strati di intonaco che rischino di compromettere la stabilità degli stessi nel corso delle operazioni di consolidamento si intende a carico della ditta l'adozione di presidi provvisionali quali applicazione di bendaggio di sostegno e protezione con velatino di garza e resina acrilica in soluzione ad una diluizione dal 10 al 20% e successiva rimozione con idoneo solvente.

Nel caso di decoesione dell'intonaco dovuto all'alto tenore di solfatazione potrà essere adottato il metodo del consolidamento mediante Idrossido di Bario, previo approfondimento analitico. Tale trattamento sarà effettuato attraverso ripetute applicazioni di soluzioni al 5-6% di sale in acqua demineralizzata supportate

in forma di impacco in polpa di cellulosa per tempi di contatto valutabili a seguito di prove e avendo cura di isolare l'impacco dal contatto con l'aria affinchè non si verifichino reazioni di imbiancamento superficiali mediante pellicole trasparenti impermeabili.
A seguito dell'asportazione dell'impacco ancora umido sarà necessario eseguire ripetuti ed accurati risciacqui con acqua demineralizzata con l'ausilio di spugne e/o spazzolini di setola. Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.
- Rimozione meccanica delle stuccature non idonee per materiali, granulometria e colorazione. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di microscalpelli e scalpelli con punta widia, l'uso di microscalpelli pneumatici a bassa pressione, inclusa la protezione e l'eventuale consolidamento delle zone circostanti, da concordare con la D.L. Tale operazione potrà essere sostituita dall'assottigliamento o riduzione delle stuccature non idonee nel caso l'asportazione di queste dovesse comportare ulteriori problemi di degrado per il manufatto e solo previo accordo con la D.L. e con l' Ente di Tutela competente in corso d'opera.
- Eventuale trattamento di disinfezione mediante applicazione di biocidi e rimozione di microrganismi autotrofi ed eterotrofi, inclusi gli oneri relativi alla protezione delle superfici circostanti.
Nel caso di policromie eseguite a secco e sensibili all'acqua e di dorature a bolo, la rimozione di depositi superficiali potrà essere eseguita a mezzo di spugne sintetiche o pani di gomma avendo cura di rimuoverne i residui dalle superfici.
Per le sovrammissioni a base di sostanze oleose, acriliche, cerose ecc, in dipendenza dal loro grado di polimerizzazione e di compattezza ed aderenza alla superficie pittorica, o in alternativa ad altri metodi di pulitura quindi da concordare con la D.L: sulla base della valutazione degli esiti dei saggi preliminari eseguiti, si dovrà prevedere l'impiego di altre sostanze solventi specifiche, previa esecuzione dei test di solubilità, da utilizzare con modalità da concordare con la D.L .
- Stuccatura della lacune dell'intonaco da eseguirsi a livello e/o sottolivello in accordo con la D.L. con malta di calce aerea e/o idraulica naturali (classificata NHL) con inerti selezionati, inclusi i saggi per la composizione della malta idonea per colore e granulometria e per l'applicazione e la sua lavorazione, da sottoporre a valutazione della D.L., l'applicazione di due o più strati d'intonaco (compreso l'eventuale rinzaffo), successiva pulitura e revisione cromatica dei bordi.
E' assolutamente vietato l'uso di cementi e/o calci idrauliche artificiali.
La composizione della malta potrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche di quella originale al fine di verificarne la composizione per poter riproporre le caratteristiche dell'impasto.
Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali leganti impiegati.
Nel caso vi sia la necessità di eventuale rifacimento di stucchi e particolari decorativi a rilievo (integrazione plastica) esso dovrà essere eseguito con malta aerea e/o idraulica naturale o con altro materiale autorizzato dalla Direzione Lavori con l'impiego di opportune dime, anche mediante esecuzione di calchi con gomme siliconiche o altro, inclusi oneri di posa in opera delle parti calcate, applicazione di armature (perni di ancoraggio e sostegno in teflon, o in fibra di polipropilene, o in vetroresina), compreso il trattamento di finitura superficiale, da concordare con la D.L. e con l' Ente di Tutela competente.
Qualora si conservassero in deposito parti calcate in passato pertinenti alla decorazione in stucco da integrare plasticamente, in buone condizioni conservative e realizzate con materiali compatibili e potenzialmente non forieri di degrado per gli originali, sarà cura della ditta verificare la possibilità di un loro reimpiego che sarà valutato con la D.L. e provvedere alla loro posa. In questa fase si considera anche la preliminare preparazione delle interfacce, delle sedi per eventuali perni, con idoneo trattamento isolante, e rimozione dell'eccesso di adesivo utilizzato, concordato con la D.L. In caso si optasse per l'esecuzione di calchi, questi dovranno essere realizzati avendo cura di proteggere preliminarmente le superfici da calcare con prodotti specifici che creino un efficace effetto barriera in grado di isolare la superficie del manufatto dal contatto con i materiali utilizzati come calcanti e siano anche buoni distaccanti, non determinino fastidiose interferenze visive e siano facilmente reversibili. Le sostanze calcanti devono avere temperature di polimerizzazione compatibili con le condizioni conservative del manufatto, tempi di polimerizzazione brevi per ridurre il contatto con questo.
Il successivo trattamento di finitura superficiale dovrà essere eseguito in analogia con le parti originali previa esecuzione di campioni di prova secondo quanto richiesto dalla D.L. da sottoporre alla valutazione della D.L. e dell'Ente di Tutela, sia per la scelta cromatica che per la scelta tipologica, di lucentezza finale desiderata e la composizione intrinseca della materia, che comunque dovrà essere preceduta da analisi chimico- fisiche. Lo strato di finitura dovrà essere particolarmente curato nella consistenza materia e nella eventuale cromia e, se in marmorino, esso dovrà essere ripetutamente lisciato con adeguati attrezzi in fase di asciugamento, al fine di realizzare una superficie compatta, liscia, traslucida e vibrante.
Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

## Art. 45 - Elementi metallici

Per tutte le parti metalliche che la D.L. deciderà di conservare in situ si dovranno prevedere le seguenti operazioni:
- Revisioni degli ancoraggi al muro inclusi oneri per eventuali opere di consolidamento strutturale e demolizioni di malte non più funzionali e loro ricostruzione, in accordo con la D.L. e seguendo le già segnalate indicazioni e prescrizioni relative alle malte. La cauta demolizione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di microscalpelli e scalpelli con punta widia, l'uso di microscalpelli pneumatici a bassa pressione, inclusa la protezione e l'eventuale consolidamento delle zone circostanti, da concordare con la D.L.
- Pulitura meccanica preliminare mediante asportazione di depositi incoerenti e prodotti di corrosione mediante, spazzole, matite a fibre di vetro, bisturi, anche con l'ausilio di strumentazione di precisione (microtrapano, vibroincisore, ablatore ad ultrasuoni, microsabbiatrice, ecc.) e/o pulitura chimica che preveda l'impiego di sostanze solventi specifiche, previa esecuzione dei test di solubilità per individuare tinte originali da conservare e recuperare, da utilizzare con modalità da concordare con la D.L..
- Trattamento localizzato ove necessario di inibitore di corrosione applicati a pennello da scegliere in base alle indicazioni della D.L. in relazione alle condizioni conservative degli elementi metallici.
- Restituzione estetica sulla base delle coloriture individuate nel corso dei saggi preliminari alla pulitura e sulla base della documentazione storico-conoscitiva reperita, con eventuale doratura di piccoli elementi decorativi, su richiesta della D.L, sia sugli elementi strutturali originali che su quelli di integrazione.
- Trattamento di finitura e/o di protezione superficiale e/o stesura di vernice micacea da concordare in base agli esiti della pulitura ed alle indicazioni della D.L. e dell'Ente di Tutela.

## Art. 46. Restauro di pitture murali di volte, pareti, stipiti e passate

- Asportazione dei depositi incoerenti sulle superfici decorate da eseguirsi a secco con l'ausilio di pennellesse morbide e piccoli aspiratori, compatibilmente con le condizioni di adesione e coesione di intonaci, strati preparatori e pellicola pittorica inclusi gli oneri di protezione di superfici ed oggetti circostanti. Nel caso di difetti di coesione ed adesione sarà opportuno provvedere a fissature locali della pellicola pittorica con le modalità operative descritte nel presente capitolato alla voce specifica.
- Cauta asportazione di scialbi, incrostazioni, ridipinture o strati sovrammessi aderenti alla pellicola pittorica con mezzi meccanici manuali e con l'eventuale applicazione localizzata ad impacco di soluzioni in acqua demineralizzata dall' 1% al 4% di sali sodici dell'acido etilendiamminotetracetico(EDTA), per un tempo di contatto da testare, successiva rimozione dei residui inclusi oneri relativi alla rifinitura con acqua distillata con l'ausilio di spugne o spazzole, alla preparazione dei materiali ed alla scelta della soluzione tecnica e metodologica più idonea da concordare con la D.L. e con l' Ente di Tutela. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di quanto già descritto, l'applicazione di compresse di sepiolite e polpa di cellulosa come supportanti, allo scopo di ridurre al minimo l'apporto di acqua, di resine scambiatrici di ioni, previa esecuzione di campionature di prova da sottoporre alla valutazione della D.L.. Potrà comprendere anche le parti lignee decorate per le quali verrà eventualmente messa a punto una metodologia operativa diversa in accordo o su richiesta della D.L. Per le inevitabili interferenze che tale operazione avrà con la pulitura delle superfici pittoriche originali dovrà essere graduale e molto accurata e non comprometterne gli esiti.
- Fissatura delle mancanze di coesione ed adesione della pellicola pittorica da eseguire con resine acriliche in emulsione acquosa, utilizzate a varia diluizione (dall'1 al 10% in acqua) applicate, previa interposizione di carta giapponese, mediante nebulizzazione e/o a pennello o con l'impiego di siringhe, con successivo schiacciamento del film pittorico mediante spatola metallica. In particolare nei casi di difetti di adesione della pellicola pittorica sugli intonaci, laddove non sussistano eccessivi problemi di penetrazione, dovranno essere privilegiate malte idrauliche premiscelate iniettabili, opportunamente diluite e prive di Sali idrosolubili, previa approvazione da parte della D.L. sulla base della verifica delle prove effettuate in corso d'opera e delle caratteristiche indicate nelle schede tecniche che dovranno essere preliminarmente fornite alla D.L. per le opportune verifiche. L'uso di resine termoplastiche di tipo vinilico e/o acrilico in soluzione (a diluizione variabile dal 3 al 10%) è previsto, previo accordo con la la D.L., nei casi di gravi difetti di adesione del film pittorico in cui sia necessaria l'azione saldante del calore (temperature non superiori a 50°C) fornito dal termocauterio per far aderire ed appiattire scaglie di colore sollevate ed arricciate di consistenza e spessore consistenti.
- Consolidamento delle mancanze di adesione fra i vari strati di intonaco mediante iniezione con malte idrauliche premiscelate prive di sali idrosolubili, inclusi gli oneri di sigillatura con malta aerea dei bordi degli stessi e delle fessurazioni al fine di impedire la fuoriuscita di consolidante per iniezione ed eventuale puntellatura provvisoria di parti pericolanti (compreso l'allestimento di puntelli). Nei casi di gravi distacchi degli strati di intonaco che rischino di compromettere la stabilità degli stessi nel corso delle operazioni di

consolidamento si intende a carico della ditta l'adozione di presidi provvisionali quali applicazione di bendaggio di sostegno e protezione con velatino di garza e resina acrilica in soluzione ad una diluizione dal 10 al 20% e successiva rimozione con idoneo solvente.
Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.
In questa fase sarà verificato e, se del caso, eventualmente perfezionato l'ancoraggio a muro delle parti lignee previo accordo con la D.L..
- Rimozione meccanica delle stuccature non idonee per materiali, granulometria e colorazione, di elementi metallici incongrui e forieri di degrado, di tasselli in materiale plastico, ed eventuale esecuzione accurata di tracce per la predisposizione impiantistica su richiesta della D.L. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di microscalpelli e scalpelli con punta widia, l'uso di microscalpelli pneumatici a bassa pressione, inclusa la protezione e l'eventuale consolidamento delle zone circostanti, da concordare con la D.L. Tale operazione potrà essere sostituita dall'assottigliamento o riduzione delle stuccature non idonee nel caso l'asportazione di queste dovesse comportare ulteriori problemi di degrado per il manufatto esolo previo accordo con la D.L. e l' Ente di Tutela in corso d'opera.
- Eventuale trattamento di disinfezione mediante applicazione di biocidi e rimozione di microrganismi autotrofi ed eterotrofi, inclusi gli oneri relativi alla protezione delle superfici circostanti.
- Pulitura delle superfici decorate da eseguirsi mediante rimozione di depositi superficiali coerenti quali polvere sedimentata, fissativi alterati e sostanze di varia natura sovrammesse alla superficie pittorica da conservare mediante impiego di soluzioni sature di Carbonato e/o Bicarbonato d'Ammonio in acqua demineralizzata, inclusa eventuale estrazione dei Sali solubili, in accordo con la D.L. Nel caso di pitture eseguite a secco e sensibili all'acqua, oppure di sovrammissioni a base di sostanze oleose, acriliche, cerose ecc, in dipendenza dal loro grado di polimerizzazione e di compattezza ed aderenza alla superficie pittorica, si dovrà prevedere l'impiego di altre sostanze solventi specifiche, previa esecuzione dei test di solubilità, da utilizzare con modalità da concordare con la D.L. o, su richiesta di questa a seguito degli esiti dei saggi preliminari, con l'applicazione di altre metodiche.
Laddove espressamente indicato, o in alternativa ad altri metodi di pulitura quindi da concordare con la D. L: sulla base della valutazione degli esiti dei saggi preliminari eseguiti, la rimozione di depositi superficiali potrà essere eseguita a mezzo di spugne sintetiche o pani di gomma avendo cura di rimuoverne i residui dalle superfici.
- Stuccatura delle lacune dell'intonaco da eseguirsi a livello e/o sottolivello in accordo con la D.L. con malta di calce aerea e/o idraulica naturale (classificata NHL) con inerti selezionati, inclusi i saggi per la composizione della malta idonea per colore e granulometria e per l'applicazione e la sua lavorazione, da sottoporre a valutazione della D.L. e dell'Ente di Tutela, l'applicazione di due o più strati d'intonaco (compreso l'eventuale rinzaffo), successiva pulitura e revisione cromatica dei bordi.
La composizione della malta potrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche di quella originale al fine di verificarne la composizione per poter riproporre le caratteristiche dell'impasto originario.
E' assolutamente vietato l'uso di cementi e/o calci idrauliche artificiali.
Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.
- Presentazione estetica e reintegrazione pittorica con colori stabili chimicamente e con modalità da concordare in corso d'opera con la D.L. e l'Ente di Tutela inclusa predisposizione di sagome per motivi ripetibili o ricostruibili ed esecuzione di campioni di prova, inclusi gli oneri dell'eventuale stesura di protettivo superficiale, che sarà concordato con la D.L previa valutazione delle analisi, delle condizioni conservative e dell'esito delle campionature di prova.
La reintegrazione potrà essere eseguita con colori ad acquerello mediante: velature sottotono in presenza di abrasioni, cadute della pellicola pittorica e lacune dell'intonaco; campitura tratteggiata o puntinata (comunque riconoscibile a distanza ravvicinata) delle stuccature eseguite a livello, ricostruibili per tono e forma.
La revisione di vecchi interventi di reintegrazione conservati, sarà eseguita con acquerelli, gessetti colorati, e comunque concordata nei materiali e nelle modalità con la D.L L'impiego di qualsiasi altra tecnica di reintegrazione dovrà essere preventivamente approvata dalla D.L. e dall'Ente di Tutela e, o da questi eventualmente essere richiesta in alternativa, considerati gli esiti della pulitura.

## Art. 47. Opere da pittore

**Generalità**
Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura, dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici, e precisamente da raschiature, scrostature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorre per uguagliare le superfici medesime, sia quelle preesistenti che quelle reintonacate e renderle simili. La scelta dei colori è dovuta al criterio insindacabile della D.L.. in accordo con

l'Ente di Tutela. In caso di contestazione, qualora l'Appaltatore non sia in grado di dare la dimostrazione del numero di passate effettuate, la decisione sarà a sfavore dell'Appaltatore stesso. Comunque esso ha l'obbligo, dopo l'applicazione di ogni passata e prima di procedere all'esecuzione di quella successiva, di chiedere approvazione alla Direzione lavori. Prima di iniziare le opere da pittore, l'impresa ha inoltre l'obbligo di eseguire, nei luoghi e con le modalità che le saranno prescritte, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della D.L. e dell' Ente di Tutela. Essa dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite e sugli adiacenti decori esistenti, restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati.
Le opere dovranno eseguirsi di norma combinando opportunamente le operazioni elementari e le particolari indicazioni che seguono. La D.L. avrà la facoltà di variare, a suo insindacabile giudizio, le opere elementari elencate in appresso, sopprimendone alcune od aggiungendone altre che ritenesse più particolarmente adatte al caso specifico e l'impresa dovrà uniformarsi a tali prescrizioni senza potere perciò sollevare eccezioni di sorta. Il prezzo dell'opera stessa subirà in conseguenza semplici variazioni in meno od in più, in relazioni alle varianti introdotte ed alle indicazioni della tariffa prezzi, senza che l'impresa possa accampare perciò diritto a compensi speciali di sorta.

***Art. 47.1 - Velatura***
La velatura sarà realizzata mediante applicazione di prodotto a base di grassello di calce, ottenuto con il procedimento di spegnitura in continuo, selezionato e filtrato, pigmentato con terre coloranti naturali di altissima qualità e trasparenza. L'applicazione dovrà essere eseguita in una o più riprese a seconda del grado di coerenza richiesto dalla D.L. Compreso ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a regola d'arte.
A giudizio della Direzione Lavori si applicheranno mani di velatura sulle pareti tinteggiate a calce, o potrà essere utilizzata per omogeneizzare le superfici originali con quelle di nuova formazione.
La cromia, la diluizione delle tinte da applicarsi nelle diverse mani, e le modalità di applicazione dovranno essere concordate con la Direzione lavori, e autorizzate dall'Ente di Tutela competente, a seguito della realizzazione di adeguate campionature.
Le velature potranno essere realizzate a straccio, pennello, pennellessa, spugna, con più tipi di lavorazioni a secondo quanto richiesto dalla D.L. e dell'Ente di Tutela competente, senza che la ditta possa trarne beneficio nella richiesta della differente lavorazione. Nella esecuzione della velatura non dovrà vedersi e notarsi le giornate lavorative né le eventuali differenti lavorazioni manuali di diversi operatori.

***Art. 47.2 - Tinteggiatura di elementi metallici***
Ove previsto dal progetto, le ringhiere esistenti saranno verniciate con protettivo inibitore per le superfici in ferro.

## Art. 48. Opere in economia

Non sono previste opere in economia.

# CAPO 3. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

## Art. 49. Norme per la misurazione e valutazione dei lavori

Il direttore dei lavori potrà procedere in qualunque momento all'accertamento e misurazione delle opere compiute in contraddittorio con l'appaltatore o un suo rappresentante formalmente delegato; ove l'appaltatore o il suo rappresentante non si prestasse ad eseguire tali operazioni, gli sarà assegnato un termine perentorio di cinque giorni, scaduto il quale verranno comunque effettuate le misurazioni necessarie in presenza di due testimoni indicati dal direttore dei lavori.
Nel caso di mancata presenza dell'appaltatore alle misurazioni indicate, quest'ultimo non potrà avanzare alcuna richiesta per eventuali ritardi, nella contabilizzazione dei lavori eseguiti o nell'emissione dei certificati di pagamento, riconducibili a tale inottemperanza.
La misurazione e la verifica quantitativa dei lavori eseguiti andrà effettuata, dal direttore dei lavori o dai collaboratori preposti, in prima stesura sui libretti delle misure che costituiscono il documento ufficiale ed iniziale del processo di registrazione e contabilizzazione delle opere eseguite da parte dell'appaltatore ai fini della loro liquidazione. Tale contabilizzazione dovrà essere effettuata, sotto la piena responsabilità dello stesso direttore dei lavori, nei modi previsti dalla normativa vigente in materia ed in particolare dal D.P.R. 554/99.

Le norme di misurazione per la contabilizzazione sono le seguenti.

1. **Scavi in genere**

In aggiunta ai particolari obblighi emergenti dal presente articolo, con i prezzi di elenco per gli scavi in genere, l'Appaltatore dovrà ritenersi compensato per tutti gli oneri che dovrà affrontare:
- per taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici ecc.;
- per il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte che bagnate, di qualsiasi consistenza ed anche in presenza d'acqua;
- per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico a rinterro od a rifiuto entro i limiti previsti in elenco prezzi, sistemazione delle materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa;
- per la regolazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere, e sopra le fognature o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;
- per puntellature, sbadacchiature ed armature di qualsiasi genere ed entità, secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente Capitolato compresi, le composizioni, scomposizioni, estrazioni ed allontanamento, nonché sfridi, deterioramenti, perdite parziali o totali del legname o dei ferri;
- per impalcature, ponti e costruzioni provvisorie, occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo sia per la formazione di rilevati, per passaggi, attraversamenti ecc.;
- per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

La misurazione degli scavi dovrà essere effettuata nei seguenti modi:

a) il volume degli *scavi di sbancamento* dovrà essere determinato col metodo delle sezioni ragguagliate, in base ai rilevamenti eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore, prima e dopo i relativi lavori;

b) gli *scavi di fondazione* (di sbancamento, a sezione obbligata o a sezione ristretta) saranno computati, per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento; oppure dal terreno naturale, quando lo scavo di sbancamento non verrà effettuato. Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco per tali scavi; vale a dire che essi saranno valutati sempre come eseguiti a pareti verticali poiché, ogni maggiore scavo, si riterrà già compreso e compensato col prezzo unitario di elenco. Nel caso di scampanature messe in opera nella parte inferiore degli scavi, i relativi volumi dovranno essere valutati geometricamente, suddividendoli in figure elementari semplici ovvero, applicando il metodo delle sezioni ragguagliate; inoltre, per gli scavi di fondazione da eseguire con impiego di sbatacchiature, paratie o simili strutture, sarà incluso nel volume di scavo per fondazione anche lo spazio occupato dalle strutture stesse. I prezzi di elenco, relativi agli scavi di fondazione, saranno applicabili unicamente e rispettivamente ai volumi di scavo compresi fra piani orizzontali consecutivi, stabiliti per diverse profondità, nello stesso elenco dei prezzi. Pertanto la valutazione dello scavo risulterà definita, per ciascuna zona, dal volume ricadente nella zona stessa e dall'applicazione ad esso del relativo prezzo di elenco;

2. **Riempimento con misto granulare a secco**

Il riempimento con misto granulare a ridosso delle murature per drenaggi, vespai ecc., sarà valutato a metro cubo per il suo volume effettivo misurato in opera.

3. **Paratie e casseri in legname**

Saranno calcolate in riferimento alla loro superficie effettiva; nel relativo prezzo di elenco si intenderà

rimunerata ogni fornitura necessaria di legname, ferramenta, ogni sfrido nonché ogni spesa per la lavorazione, la messa in opera e quanto altro occorra per fornire le opere complete e finite a regola d'arte.

### 4. Rimozioni e demolizioni

I prezzi relativi ai lavori che ammettono demolizioni, anche parziali, dovranno intendersi sempre compensati di ogni onere per il recupero del materiale riutilizzabile e per il carico e trasporto a rifiuto di quello non riutilizzabile.

a) *Demolizione di murature:* verrà, in genere, pagata a volume di muratura concretamente demolita, comprensiva di intonaci e rivestimenti a qualsiasi altezza; tutti i fori, pari o superiori a 2 m², verranno sottratti. Potrà essere accreditata come demolizione in breccia quando il vano utile da ricavare non supererà la superficie di 2 m², ovvero, in caso di demolizione a grande sviluppo longitudinale, quando la larghezza non supererà i 50 cm.
   L'appaltatore potrà reimpiegare i materiali di recupero, valutandoli come nuovi, in sostituzione di quelli che egli avrebbe dovuto approvvigionare ossia, considerando lo stesso prezzo fissato per quelli nuovi oppure, in assenza del prezzo, utilizzando il prezzo commerciale detratto, in ogni caso, del ribasso d'asta. L'importo complessivo dei materiali così valutati verrà detratto dall'importo netto dei lavori.
b) *Demolizione di tramezzi*: dovrà essere valutata secondo l'effettiva superficie (m²) dei tramezzi, o delle porzioni realmente demolite, comprensive degli intonaci o rivestimenti; detraendo eventuali aperture dimensionalmente pari o superiori a 2 m².
c) *Demolizione di intonaci e rivestimenti*: la demolizione, a qualsiasi altezza, degli intonaci dovrà essere computata secondo l'effettiva superficie (m²) asportata detraendo, eventuali aperture dimensionalmente pari o superiori a 2 m², misurata la luce netta, valutando a parte la riquadratura solo nel caso in cui si tratti di murature caratterizzate da uno spessore maggiore di 15 cm.
d) *Demolizione di pavimenti*: dovrà essere calcolata, indipendentemente dal genere e dal materiale del pavimento per la superficie compresa tra le pareti intonacate dell'ambiente; la misurazione comprenderà l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco. Il prezzo sarà comprensivo dell'onere della, eventuale, demolizione dello zoccolino battiscopa indipendentemente dalla natura.
e) *Rimozione e/o demolizione dei solai*: questa operazione dovrà essere valutata a superficie (m²) in base alle luci nette delle strutture. Nel prezzo delle rimozioni e/o demolizioni dei solai saranno comprese:
   – la demolizione del tavolato con sovrastante cretonato o sottofondo e dell'eventuale soffitto su arellato o rete se si tratta di struttura portante in legno;
   – la demolizione completa del soffitto e dei pavimento, salvo che non risulti prescritta e compensata a parte la rimozione accurata del pavimento, se si tratta di struttura portante in ferro;
   – la demolizione del pavimento e del soffitto, salvo che non risulti prescritta la rimozione accurata del pavimento se si tratta del tipo misto in c.a. e laterizio.
f) *Rimozione della grossa orditura del tetto*: dovrà essere computata al metro quadrato misurando geometricamente la superficie delle falde del tetto senza detrarre eventuali fori. Nel caso la rimozione interessi singoli elementi o parti della grossa orditura, verrà computata solamente la parte interessata; nel prezzo dovrà essere compensato anche l'onere della rimozione di eventuali dormienti.

### 5. Murature in genere

Tutte le murature in genere, salvo le eccezioni di seguito specificate, dovranno essere misurate geometricamente, a volume od a superficie, in riferimento alla specifica categoria e in base a misure prese sul vivo ovvero escludendo gli intonaci. Dovranno essere detratti tutti i vuoti di luce superiore a 1,00 m² e i vuoti di canne fumarie, canalizzazioni ecc., caratterizzati da una sezione superiore a 0,25 m², in quest'ultimo caso rimarrà all'Appaltatore, l'onere della loro eventuale chiusura con materiale in cotto. Dovrà, inoltre, essere detratto il volume corrispondente alla parte incastrata di pilastri, piattabande ecc., di strutture diverse, nonché di pietre naturali od artificiali, da pagarsi con altri prezzi di tariffa.
I prezzi unitari delle murature di qualsiasi genere, qualora non debbano essere eseguite con paramento di faccia vista, s'intenderanno comprensivi di rinzaffo delle facce visibili dei muri. Il rinzaffo dovrà essere sempre eseguito e sarà compreso nel prezzo unitario, anche nel caso di muri che dovranno essere poi caricati a terrapieni; per questi ultimi dovrà, inoltre, essere compresa la, eventuale, formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte per lo scolo delle acque ed in generale quella delle ammorsature e la costruzione di tutti gli incastri per la posa in opera della pietra da taglio od artificiale. I prezzi della muratura di qualsiasi specie si intenderanno compresi di ogni onere per la formazione di spalle, sguinci, canne, spigoli, strombature, incassature per imposte di archi, volte e piattabande.
Le murature, qualunque sia la loro curvatura in pianta o in sezione anche se costruite sotto raggio, non potranno essere comprese nella categoria delle volte; dovranno essere pertanto, valutate con i prezzi delle murature rotte senza alcuna maggiorazione di compenso.
Le ossature di cornici, cornicioni, lesene, pilastri ecc., di aggetto superiore a 5 cm sul filo esterno del muro,

dovranno essere valutate per il loro volume effettivo in aggetto con l'applicazione dei prezzi di tariffa stabiliti per le murature.
Per le ossature di aggetto inferiore a 5 cm non verrà applicato alcun sovrapprezzo.
Quando la muratura in aggetto è diversa da quella del muro sul quale insiste, la parte incastrata dovrà essere considerata della stessa natura della muratura.
Le murature di mattoni ad una testa od in foglio dovranno essere misurate a vuoto per pieno, al rustico, deducendo soltanto le aperture di superficie uguale o superiore a 1 $m^2$, intendendo nel prezzo compensata la formazione di sordini, spalle, piattabande ecc., nonché eventuali intelaiature in legno che la D.L. ritenga opportuno di ordinare allo scopo di fissare i serramenti al telaio, anziché alla parete.
Le volte, gli archi e le piattabande, in conci di pietra o mattone in spessore superiore ad una testa, dovranno essere pagati a volume ($m^3$) e, a secondo del tipo, struttura e provenienza dei materiali impiegati, con i prezzi di elenco con i quali si intendono remunerate tutte le forniture, e le lavorazioni per fornire la struttura voltata finita con tutti i giunti delle facce viste frontali e dell'intradosso profilati e stuccati. Le volte, gli archi e le piattabande in mattoni in foglio o ad una testa dovranno essere liquidate a superficie ($m^2$), come le analoghe murature.

### 6. Paramenti in faccia-vista

I prezzi stabiliti per le lavorazioni faccia a vista, da pagare separatamente dalle murature, comprendono il compenso per i piani di posa e di connessura, per la lavorazione faccia vista e qualunque altro eventuale costo del pietrame di rivestimento allorché questo sia previsto di qualità e provenienza differente da quello del materiale impiegato per la costruzione della muratura interna.
La misurazione dei paramenti in pietrame e delle cortine in mattoni verrà eseguita per la loro superficie effettiva ($m^2$), dedotti i vuoti e le parti occupate da pietra da taglio o artificiale.

### 7. Centinature delle volte

Nel caso in cui dovessero essere liquidate separatamente dalle volte, i prezzi stabiliti in elenco per le centinature, dovranno contenere anche la spesa relativa all'armatura, ai castelli o mensole di appoggio, nonché quella per la rimozione delle centinature relative ai sostegni. Qualunque sia la foggia, l'apparecchio e lo spessore della volta, sia essa costruita in mattoni o in materiale lapideo ovvero in cls, le centinature dovranno essere pagate al metro quadro di superficie d'intradosso delle volte stesse.

### 8. Calcestruzzi

I calcestruzzi per fondazioni, murature, volte, ecc. e le strutture costituite da getto in opera, dovranno essere in genere pagati a metro cubo e misurati in opera in base alle dimensioni prescritte, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori. Nei relativi prezzi oltre agli oneri delle murature in genere, s'intenderanno compensati tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.
*Conglomerato cementizio armato*
Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.
Quando si tratta di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera (pietra artificiale), la misurazione dovrà essere effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e il relativo prezzo dovrà intendersi compreso, oltre che del costo dell'armatura metallica, di tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte.
I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, dovranno essere computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.
Nei prezzi del conglomerato saranno inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.
Il ferro tondo per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo (nonché la rete elettrosaldata) sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo, oltre alla lavorazione e allo sfrido, sarà compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

### 9. Solai (orizzontamenti)

I solai interamente di cemento armato (senza laterizi) dovranno essere valutati al metro cubo come ogni altra opera di cemento armato. Ogni altro tipo di solaio, qualunque sia la forma, dovrà invece essere pagato al metro quadrato di superficie netta misurato al rustico delle murature perimetrali (ovvero all'interno di eventuali cordoli e/o travi di calcestruzzo) esclusi, quindi, la presa e l'appoggio sulle murature portanti o cordoli perimetrali o travi di calcestruzzo.

Nei prezzi dei solai in genere risulterà compreso l'onere per lo spianamento superiore della caldana, nonché ogni opera e materiale occorrente per dare il solaio completamente finito, come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. Nel prezzo dei solai misti in cemento armato e laterizio, o tipo prefabbricato (anche predalles) saranno escluse la fornitura, lavorazione e posa in opera del ferro occorrente, sarà, al contrario, compreso il noleggio delle casseforme e delle impalcature di sostegno di qualsiasi entità, con tutti gli oneri specificati per le casseforme dei cementi armati.
Il prezzo al metro quadrato dei solai suddetti verrà applicato senza alcuna maggiorazione anche a quelle porzioni in cui, per resistere a momenti negativi, il laterizio viene sostituito da calcestruzzo; in questo caso però dovranno essere pagati a parte tutti i cordoli perimetrali relativi ai solai stessi.
Nel prezzo dei solai con profilati in ferro e voltine od elementi in laterizio (tavelle, tavelloni, volterrane ecc.) dovrà essere inclusa l'incombenza per ogni armatura provvisoria per il rinfianco, nonché per ogni opera e materiale necessario per fornire il solaio completamente finito e pronto per la pavimentazione e per l'intonaco intradossale; resteranno esclusi i profilati di ferro che dovranno essere pagati a parte (vedi lavori in metallo).
Nel prezzo dei solai lignei resta fuori il legname per le travi principali che dovrà essere liquidato a parte sarà invece compreso ogni onere per fornire il solaio completo e finito a regola d'arte.

**10. Coperture a falda (solai inclinati)**

I solai inclinati (ossia le coperture in genere) dovranno essere computati al metro quadrato, determinando le dimensioni della proiezione orizzontale della superficie delle falde del tetto senza sottrarre i vani adibiti a comignoli, abbaini, lucernari o ad altre parti sporgenti dalla copertura, purché non eccedenti, ciascuno di essi, la superficie di 1 $m^2$; in questo caso dovranno essere sottratti per intero. Non dovranno essere considerate sovrapposizioni ed adiacenze dei giunti. Nel prezzo delle coperture saranno compresi tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione salvo la grossa armatura (capriate, puntoni, arcarecci, terzere, colmi ecc.), l'isolamento termico, l'impermeabilizzazione, le gronde ed i pluviali che verranno valutati a parte.

**11. Manto di copertura**

Il manto di copertura dovrà essere computato al metro quadrato, misurando geometricamente le superfici delle falde del tetto, senza sottrarre i vani adibiti a comignoli, abbaini, lucernari ed altre parti sporgenti dalla copertura, purché non eccedenti, ciascuno di essi, la superficie di 1 $m^2$; in questo caso dovranno essere sottratti per intero. Le eventuali lastre di piombo, zinco o ferro messe in opera sulla copertura per i compluvi ovvero all'estremità delle falde, intorno ai lucernari, agli abbaini, ai comignoli ecc., saranno pagate a parte coi prezzi fissati in elenco per questi materiali.

**12. Controsoffitti**

I controsoffitti piani dovranno essere pagati in base alla superficie ($m^2$) della loro proiezione orizzontale; nel prezzo, sarà compreso e compensato anche il raccordo con eventuali muri perimetrali curvi. I controsoffitti a finta volta, di qualsiasi forma e monta, saranno valutati per una volta e mezzo la superficie della loro proiezione orizzontale. Nel prezzo dei controsoffitti saranno comprese e compensate tutte le forniture, magisteri e mezzi d'opera per realizzare le strutture finite in opera così come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, risulterà esclusa e compensata a parte l'orditura portante principale.

**13. Vespai**

Nei prezzi dei vespai è compreso ogni onere per la fornitura di materiali e posa in opera come prescritto nelle norme sui modi di esecuzione. La valutazione dovrà essere effettuata al metro cubo, di materiali in opera se si tratterà di vespai di ciottoli o pietrame; in metri quadrati di superficie dell'ambiente se si tratterà di vespai in laterizio (gattaiolati).

**14. Massetti**

L'esecuzione di massetti in calce idraulica naturale o cemento a vista ovvero massetti di sottofondo normali o speciali (alleggeriti, strutturali ecc.) dovrà essere computata secondo i metri cubi effettivamente realizzati e computati a lavoro eseguito. Il prezzo comprenderà il conglomerato, le sponde per il contenimento del getto, l'eventuale rete elettrosaldata prescritta, la preparazione e compattazione delle superfici sottostanti, la lisciatura finale con mezzi meccanici, la creazione di giunti nonché tutte le lavorazioni necessarie per l'esecuzione dei lavori richiesti.

**15. Pavimenti**

I pavimenti, indipendentemente dalla tipologia, dovranno essere valutati per la superficie ($m^2$) vista tra le pareti intonacate dell'ambiente; la misura non comprenderà l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco.
I prezzi di elenco per ciascun genere di pavimento comprenderanno l'onere per la fornitura dei materiali e per ogni lavorazione intesa a dare i pavimenti stessi completi e rifiniti come prescritto nelle norme sui

materiali e sui modi di esecuzione, escluso il sottofondo che verrà invece pagato a parte, per il suo volume effettivo ($m^3$) in opera, in base al corrispondente prezzo di elenco.
Ogni prezzo relativo ai pavimenti, anche nel caso di sola posa in opera, si intenderà compreso degli oneri, delle opere di ripristino e di raccordo con gli intonaci, qualunque sia l'entità delle opere stesse.
Posa in opera dei marmi, pietre naturali ed artificiali
I prezzi della posa in opera dei marmi e delle pietre naturali od artificiali, previsti in elenco, saranno applicati alle superfici ovvero ai volumi effettivi, dei materiali in opera, determinati con i criteri descritti per le "murature in pietra da taglio". Ogni onere derivante dall'osservanza delle norme, prescritte nel presente Capitolato, si intenderà compreso nei prezzi.
Nello specifico detti prezzi, comprenderanno gli oneri per la fornitura, lo scarico in cantiere, il deposito e la relativa provvisoria protezione, la ripresa, il successivo trasporto ed il sollevamento dei materiali a qualunque altezza, con eventuale protezione, copertura o fasciatura; per ogni successivo sollevamento e per ogni ripresa con boiacca di cemento od altro materiale, per la fornitura di lastre di piombo, di grappe, staffe, regolini, chiavette, perni occorrenti per il fissaggio; per ogni occorrente scalpellamento delle strutture murarie e per la successiva chiusura e ripresa delle stesse, per la stuccatura dei giunti, per la pulizia accurata e completa, per la protezione a mezzo di opportune opere provvisorie delle pietre già collocate in opera, e per tutti i lavori che risultassero necessari per la perfetta rifinitura dopo la posa in opera. Resteranno escluse, dal suddetto prezzo, le prestazioni dello scalpellino e del marmista per gli eventuali ritocchi agli elementi da montare allorché le pietre e/o i marmi non fossero forniti dall'appaltatore stesso.
I prezzi di elenco risultano comprensivi dell'onere dell'imbottitura dei vani dietro i pezzi, fra i pezzi stessi o comunque tra i pezzi e le opere murarie da rivestire, in modo da ottenere un buon collegamento, e, dove richiesto, un incastro perfetto.
Il prezzo previsto per la suddetta posa in opera dei marmi e pietre, anche se la fornitura sarà affidata all'Appaltatore, comprenderà altresì l'onere dell'eventuale posa in opera in periodi di tempo diversi, a prescindere dall'ordine di arrivo in cantiere dei materiali forniti all'Appaltatore dalla stazione appaltante compreso, inoltre, ogni eventuale onere per spostamento di ponteggi e di apparecchiature di sollevamento.

### 16. Intonaci

I prezzi degli intonaci dovranno essere applicati alla superficie effettivamente intonacata, procedendo quindi alla detrazione delle aperture per porte e finestre superiori a 1 $m^2$, senza tener conto delle superfici laterali di risalti, lesene, cornici, parapetti, architravi ecc.; tali superfici laterali, sia piane che curve, dovranno essere valutate quando la loro larghezza supera i 5 cm. L'esecuzione di gusci di raccordo, se richiesti negli angoli fra pareti e soffitto e fra pareti e pareti, con raggio non superiore a 15 cm, risulterà compresa nel prezzo; anche in questo caso gli intonaci verranno misurati alla stregua degli spigoli vivi.
Il prezzo degli intonaci comprenderà l'onere della ripresa, dopo la chiusura, di tracce di qualunque genere, della muratura di eventuali ganci al soffitto e delle riprese contropavimenti, zoccolature e serramenti.
I prezzi dell'elenco varranno anche per intonaci applicati su murature di mattoni forati dello spessore di una testa, essendo essi comprensivi dell'onere dell'intasamento dei fori dei laterizi.
Gli intonaci interni sui muri di spessore superiore a 15 cm saranno computati a vuoto per pieno, a compenso dell'intonaco nelle riquadrature dei vani, che non saranno perciò sviluppate; tuttavia, per i vani di superficie superiore a 4 $m^2$, dovranno essere detratti i vuoti e le zone mancanti valutando a parte la riquadratura di detti vani. Gli intonaci interni su tramezzi in foglio o ad una testa saranno computati per la loro superficie effettiva; dovranno essere, pertanto, detratti tutti i vuoti di qualunque dimensione essi siano, ed aggiunte le loro riquadrature. La superficie di intradosso delle volte, di qualsiasi forma e monta, verrà determinata moltiplicando la superficie della loro proiezione orizzontale per il coefficiente 1,20. Nessun compenso speciale sarà dovuto per gli intonaci eseguiti a piccoli tratti anche in corrispondenza di spalle e mazzette di vani di porte e finestre. L'intonaco dei pozzetti di ispezione delle fognature dovrà essere computato per la superficie di pareti senza detrarre la superficie di sbocco delle fogne, in compenso delle profilature e dell'intonaco sulle grossezze dei muri.

### 17. Tinteggiature, coloriture e verniciature

Nei prezzi delle tinteggiature, coloriture e verniciature in genere risulteranno compresi tutti gli oneri prescritti nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione del presente Capitolato oltre a quelli per mezzi d'opera, trasporto, sfilatura e rinfilatura d'infissi ecc.
Le tinteggiature interne ed esterne per pareti e soffitti saranno, di norma, misurate con le stesse norme sancite per gli intonaci.
L'esecuzione di coloritura o verniciatura degli infissi dovrà ottemperare alle seguenti norme:
a) *le porte, bussole e simili*, (x 2) dovranno essere computate due volte la luce netta dell'infisso, oltre alla mostra o allo sguincio, se presenti, non detraendo l'eventuale superficie del vetro. Così facendo, risulterà compresa anche la verniciatura del telaio per muri grossi o del cassonetto tipo romano per tramezzi e dell'imbotto tipo lombardo, sempre per tramezzi. La misurazione della mostra e dello sguincio sarà

eseguita in proiezione su piano verticale parallelo a quello medio della bussola (chiusa) senza tener conto di sagome, risalti o risvolti;

b) *le finestre senza persiane*, (x 3) ma con controsportelli, dovranno essere computate tre volte la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compensata anche la coloritura dei controsportelli e del telaio (o cassettone);
c) *le finestre senza persiane e senza controsportelli,* (x 1) dovranno essere computate una volta sola la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura della soglia e del telaio (o cassettone);
d) *le persiane comuni*, (x 3) dovranno essere computate tre volte la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura del telaio;
e) *le persiane avvolgibili*, (x 2,50) dovranno essere computate due volte e mezzo la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura del telaio ed apparecchio a sporgere, ad eccezione del pagamento della coloritura del cassonetto coprirullo che dovrà essere fatta a parte;
f) *il cassettone completo tipo romano*, (x 6) ovvero con controsportelli e persiane, montati su cassettone, dovrà essere computato sei volte la luce netta dell'infisso, in questo modo risulterà compresa anche la coloritura del cassettone e della soglia;
g) *le opere in ferro semplici e senza ornati*, (x 0,75) quali finestre grandi a vetrate e lucernari, serrande avvolgibili a maglia, infissi per vetrine di negozi, dovranno essere computati i tre quarti della loro superficie complessiva, misurata sempre in proiezione, in questo modo potrà essere ritenuta compensata la coloritura dei sostegni, grappe e simili accessori, dei quali non si terrà conto alcuno nella misurazione;
h) *le opere in ferro di tipo normale a disegno*, (x 1) quali ringhiere, cancelli anche riducibili, inferriate e simili, dovranno essere computate una volta per l'intera loro superficie, misurata con le norme e con le conclusioni di cui alla lettera precedente;
i) *le opere in ferro ornate*, (x 1,5) cioè come alla lettera precedente, ma con ornati ricchissimi, nonché per le pareti metalliche e le lamiere stirate, dovranno essere computate una volta e mezzo la loro superficie misurata come sopra;
j) *le serrande da bottega*, (x 3) in lamiera ondulata o ad elementi di lamiera, dovranno essere computate due volte e mezzo la luce netta del vano, in altezza, tra la soglia e la battitura della serranda, in questo modo risulterà compensata anche la coloritura della superficie non in vista;
k) *i radiatori dei termosifoni* dovranno essere pagati ad elemento, indipendentemente dal numero delle colonne di ogni elemento e dalla loro altezza.

Tutte le coloriture o verniciature s'intenderanno eseguite su ambo le facce con i rispettivi prezzi di elenco; inoltre si intenderà compensata la coloritura, o verniciatura di nottole, braccioletti e simili accessori.

**18. Apparati decorativi**

Per gli apparati decorativi, trattandosi di interventi specialistici che interesseranno il reale sviluppo superficiale del manufatto, andranno esclusi i sistemi di misurazione che implicheranno proiezioni in piano o valutazioni vuoto per pieno. Si procederà, pertanto come di seguito specificato:

a) *manufatti da valutare a corpo*: tutti quei manufatti complessi, costituiti da materiali di natura diversa, di dimensioni ridotte, di forma complessa o che presentino finiture particolarmente e finemente lavorate;
b) *manufatti da valutare a misura*: secondo le seguenti prescrizioni.

– *Cornici, fasce, mostre modanature, balaustre di altari* per manufatti di fattura complessa e fortemente lavorati dovrà essere calcolata la superficie inscrivibile in forma geometrica regolare moltiplicata per la lunghezza. Per manufatti semplici dovrà essere calcolata la superficie effettiva tramite lo sviluppo del profilo per la lunghezza della loro membratura più sporgente. Il prezzo dovrà comprendere il compenso per la lavorazione degli spigoli. A compenso della maggiore forma dei risalti, la misura di lunghezza verrà aumentata di 0,40 m per ogni risalto. Saranno considerati risalti quelli determinati da lesene, pilastri e linee di distacco architettonico che impongano un doppio profilo.
– *Bugnati, anteridi e cassettoni*: i bugnati e le anteridi comunque gettati, ed i cassettonati, qualunque sia la loro profondità, verranno misurati secondo la loro proiezione su di un piano parallelo al paramento di fondo, senza tenere conto dell'incremento di superficie prodotto dall'aggetto delle bugne ovvero dei cassettoni. I prezzi dei bugnati resteranno validi ed immutabili qualunque sia la grandezza, la configurazione delle bozze e la loro disposizione in serie (continua o discontinua).
– *Sculture a tutto tondo*: per le sculture a tutto tondo dovrà essere misurata la superficie laterale del cilindro medio circoscrivibile incrementato del 20% per sculture di decoro semplice, del 40% per sculture di decoro complesso. Il cilindro medio dovrà essere misurato rilevando la circonferenza in almeno quattro punti significativi escludendo quelle minime (collo, caviglia, polso ecc.). Le parti molto aggettanti non dovranno essere incluse nel cilindro medio, ma calcolate con gli stessi criteri e ad esso sommate. Nel caso di sculture cave, la valutazione sarà da esprimersi a corpo.
– *Rilievi, fregi*: il manufatto andrà inquadrato in una o più forme geometriche piane e regolari. Lo sviluppo della superficie sarà incrementato del 20% per *bassorilievi*, del 40% per *rilievi medi*, del 60% per

*altorilievi*. Per altorilievi molto aggettanti l'incremento andrà valutato a seconda del caso. Potranno eventualmente essere assimilabili a sculture a tutto tondo o richiedere incrementi sino al 100%.

– *Dipinti*: se non riconducibili in forme geometriche semplici e di facile valutazione si dovrà ricorrere al calcolo della loro superficie effettiva con le formule più idonee della geometria.
– *Manufatti archeologici*: i manufatti (sia oggetti integri sia frammenti) riconducibili a semplici forme geometriche, saranno inquadrati nella suddetta forma di riferimento. Per tutti gli altri manufatti, la superficie verrà computata moltiplicando lo sviluppo del loro profilo per la circonferenza del minimo cilindro circoscrivibile. Gli elementi applicati dovranno essere valutati con gli stessi criteri e sommati. Il computo metrico dovrà comprendere anche la misura della superficie interna misurabile.

Nel prezzo di tutte le decorazioni dovrà essere compreso l'onere per l'ossatura (nei casi in cui gli elementi non superino l'aggetto di 5 cm), per l'abbozzatura dei bugnati, per l'arricciatura della malta, per l'intonaco di stucco perfettamente profilato ed eventualmente levigato, per le *modine*, i calchi, le forme, per l'esecuzione dei campioni-modello nonché tutto quanto occorra a condurre le opere in stucco perfettamente a termine.

Per lavorazioni particolarmente disagevoli potranno essere valutati i seguenti incrementi:

– *Interventi su volte, soffitti, settori circolari* si calcolerà l'effettivo sviluppo geometrico aumentato del 10% nel caso di volte e soffitti (maggior onere per superfici rivolte verso il basso).
– *Ambienti disagiati* (ad es., ipogei, ambienti urbani ad alta densità di traffico) si applicherà l'incremento previsto in progetto per disagi conseguenti alla distanza del sito o a particolari condizioni climatiche e/o ambientali. Tale incremento sarà da valutare anche per opere ubicate in siti isolati di difficile accesso.

*Operazioni di preconsolidamento*

La valutazione di dette operazioni (ristabilimento parziale della coesione di materiale lapideo, ristabilimento della coesione degli intonaci per mezzo di pennelli, siringhe e pipette), data l'evidente difficoltà di stabilire l'esatta misura delle porzioni di materiale che necessitano l'esecuzione di questo intervento, verrà espressa secondo diversi criteri:

– a metro quadrato con un prezzo distinto secondo la percentuale di diffusione del fenomeno di degrado;
– a singolo intervento per una diffusione del fenomeno entro il decimetro quadrato cui vanno riportati i casi al di sotto di questa misura;

La stesura di uno strato protettivo a base di malta idraulica su superfici disgregate lapidee o mosaici verrà valutata a singolo intervento per una diffusione del fenomeno entro il decimetro quadrato.

L'applicazione e la rimozione di bendaggi protettivi sarà valutata con un prezzo al decimetro quadrato nel caso di preconsolidamento su materiale lapideo e mosaici al metro quadrato nel caso di stucchi, intonaci e dipinti murari. Data la funzione di sostegno, la superficie da bendare dovrà sempre eccedere l'estensione del fenomeno di degrado che ne richiederà l'applicazione. La superficie minima sarà pari a un decimetro quadrato nel caso di materiale lapideo e mosaici ovvero, pari a 0,5 m² per stucchi, intonaci e dipinti murari a cui andranno riportati anche i casi di bendaggi al disotto di queste misure.

Il ristabilimento dell'adesione e della coesione della pellicola pittorica sarà stimato in metri quadrati o parti di metro quadrato delle porzioni di materiale interessato in maniera diffusa da distacchi o disgregazioni.

Il puntuale bloccaggio delle tessere mobili della superficie mosaicata sarà valutato a singolo intervento.

### 19. Operazioni di pulitura

La valutazione di tutte le operazioni di pulitura eseguite su materiale lapideo, stucchi, dipinti murari, intonaci e mosaici (con sostante solventi a tampone o a pennello, a secco, ad umido, con impacco ecc.) sarà eseguita al metro quadrato o parti di metro quadrato delle porzioni di materiale interessate in maniera diffusa da strati e/o depositi soprammessi. Le rifiniture saranno valutate al decimetro quadrato per materiali lapidei ovvero al metro quadrato per stucchi e dipinti murari. Nel caso di puliture di dipinti murari nel suddetto prezzo sarà esclusa l'incidenza del risciacquo con acqua distillata e l'applicazione di materiale assorbente per l'estrazione di sali solubili e dei residui dei sali utilizzati per l'operazione di pulitura; le suddette operazioni saranno valutate al metro quadrato.

Allorché si parli di cicli di applicazione questi dovranno essere intesi come l'insieme di operazioni costituito dall'applicazione del prodotto indicato secondo il metodo descritto dalla D.L. e dalla successiva rimozione meccanica o manuale delle sostanze da esso solubilizzati.

Nell'uso della nebulizzazione o dell'automazione per puliture di materiali lapidei saranno a carico dell'appaltatore ed inclusi nel prezzo la canalizzazione delle acque di scarico e la protezione delle superfici circostanti mediante gomme siliconiche, teli di plastica e grondaie.

### 20. Operazioni di diserbo e trattamento da attacchi biologici

Alla rimozione di vegetazione superiore saranno riferiti due diversi tipi di valutazione uno al metro quadrato uno al metro lineare tra loro alternativi; ciò in considerazione del fatto che questo fenomeno può verificarsi sia su ampie zone di diffusione sia lungo elementi rettilinei quali cornici, angoli, marcapiani oppure lungo fratture o fessure.

**21. Operazioni di rimozioni di stuccature o di elementi non idonei applicati in precedenti interventi**

La valutazione del prezzo per la rimozione di stuccature (profondità massima 3 cm) non idonee eseguite nel corso di precedenti interventi seguirà tre criteri:

– al metro nei casi di stuccature con forma lunga e molto sottile servite per chiudere o sigillare fessurazioni;
– al metro quadrato nei casi di stuccature o rifacimenti abbastanza estesi (oltre il metro quadrato);
– al decimetro quadrato nei casi di stuccature con estensione al di sotto del metro quadrato sarà in ogni caso utile dare tre diverse stime ovverosia entro 5 $dm^2$ tra 5 e 20 $dm^2$ tra 20 e 1 $m^2$.

La durezza del materiale utilizzato per le stuccature (gesso, calce, cemento, resina ecc.) resterà un criterio fondamentale di distinzione dei costi in quanto inciderà direttamente e sensibilmente sui relativi tempi di esecuzione così come lo stato di conservazione del manufatto modificherà, altrettanto sensibilmente, il tempo necessario alla rimozione.

Per l'asportazione di elementi metallici la valutazione sarà espressa per ciascuno elemento rimosso e sarà altresì differenziata a seconda dell'adesivo con cui saranno stati vincolati e della lunghezza degli stessi elementi.

La rimozione temporanea di inserti in pietra o di fasce, cerchiature o grosse staffe sarà valutata per ogni singolo intervento (previo eventuale progetto).

**22. Operazioni di distacco e riadesione di scaglie, frammenti e parti pellicolanti o cadute**

Le operazioni in oggetto saranno valutate a singolo frammento in linea generale potranno essere individuate due categorie con relative valutazioni: frammento di dimensioni limitate che comprenderà sia la scaglia sia il pezzo più pesante ma comunque maneggiabile da un singolo operatore, frammento di grandi dimensioni che comprenderà un complesso di operazioni preparatorie e collaterali. In entrambi i casi qualora si rivelasse necessaria un'operazione di bendaggio preliminare questa sarà contabilizzata a parte secondo le indicazioni fornite alla relativa voce. Saranno altresì esclusi gli oneri di eventuali controforme di sostegno che dovranno essere aggiunti al costo dell'operazione.

La riadesione di frammenti di dimensioni limitate già distaccati o caduti, sarà valutata sempre al pezzo singolo e prevedrà una differenziazione di difficoltà nel caso di incollaggi semplici e di incollaggi con inserzioni di perni. In questo ultimo caso saranno contemplate ulteriori valutazioni dovute alla possibilità o meno di sfruttare eventuali vecchie sedi di perni, alla diversa lunghezza e al diverso materiale dei perni (titanio, acciaio inox, carbonio ecc.).

Il consolidamento di grosse fratture mediante iniezione di consolidanti e adesivi (organici ed inorganici) avrà una valutazione al metro, tuttavia per l'elevata incidenza delle fasi preparatorie verrà contemplata una superficie minima di 0,5 m a cui andranno riportati anche i casi di fatturazioni al di sotto di tale misura.

**23. Operazioni di consolidamento**

Nell'operazione di consolidamento mediante impregnazione (ristabilimento della coesione di materiale lapideo, mosaici, ristabilimento della coesione della pellicola pittorica o doratura/argentatura all'intonaco per mezzo di pennelli, siringhe e pipette), data l'evidente difficoltà di stabilire l'esatta misura delle porzioni di materiale che necessitano l'esecuzione di questo intervento, verrà espressa secondo diversi criteri:

– a metro quadrato con un prezzo distinto secondo la percentuale di diffusione del fenomeno di degrado ovverosia entro il 30% in un metro quadrato, tra il 30% e il 50% e tra il 50% ed il 100%.
– a singolo intervento per una diffusione del fenomeno entro il decimetro quadrato cui vanno riportati i casi al disotto di questa misura.

Nell'operazione di ristabilimento dell'adesione tra supporto murario ed intonaco e tra i diversi strati di intonaco l'esecuzione di questo intervento verrà espressa:

– a singolo intervento per distacchi contenuti in precise dimensioni ed espresse in decimetri quadrati;
– a metro quadrato per distacchi di dimensioni più limitate ma diffuse sulla superficie secondo percentuali differenti.

Nell'operazione di consolidamento ad impacco il costo verrà valutato al metro quadrato, sarà contemplata una superficie minima di 1 $m^2$ a cui andranno riportati anche quei casi di impacchi al di sotto di questa misura. Il costo della manodopera sarà minore nel caso di oggetti a tutto tondo, dove l'impacco sarà sostenuto facilmente da una fasciatura, mentre aumenterà nel caso di superfici che richiederanno il sostegno dell'impacco con controforme e puntellature.

Il ristabilimento dell'adesione nei fenomeni di scagliatura ed esfoliazione su materiali lapidei eseguito in maniera puntuale mediante incollaggi con resine sintetiche, sarà valutato a singolo intervento, nel caso di ristabilimento dell'adesione eseguito mediante infiltrazione di malta idraulica verrà contemplata una superficie minima pari a 1 $dm^2$ a cui andranno riportati anche i casi di intervento al di sotto di questa misura.

Le operazioni di puntellatura provvisoria di applicazione di perni di distacco e di collocamento di piccole parti saranno da valutare a singolo intervento.

Operazioni di stuccatura, microstuccatura e presentazione estetica (comprendendo anche le integrazioni pittoriche e le protezioni superficiali)
Le operazioni di stuccatura, in considerazione della diversa morfologia e delle dimensioni delle lacune saranno valutate secondo tre criteri:
– al metro lineare nei casi di stuccature con forma lunga e molto sottile al fine di chiudere o sigillare fessurazioni;
– al metro quadrato nei casi di stuccature o rifacimenti abbastanza estesi (oltre il metro quadrato). Nel caso di dipinti murari saranno individuate tre diverse valutazioni che prevedranno su ogni metro quadrato di superficie una diversa percentuale di estensione di velature o reintegrazioni non idonee: entro il 70%, entro il 30% ed entro il 15%;
– al decimetro quadrato nei casi di stuccature con estensione al di sotto del metro quadrato sarà in ogni caso utile dare tre diverse stime ovverosia entro 5 $dm^2$ tra 5 e 20 $dm^2$ tra 20 e 1 $m^2$.
La microstuccatura (ovvero la sigillatura di zone degradate per fenomeni di scagliature, esfoliazione, pitting, microfessurazione o microfratturazioni) sarà valutata al metro quadrato distinguendo tre percentuali di diffusione del fenomeno sul supporto: entro il 70%, entro il 30% ed entro il 15%.
La revisione estetica per l'equilibratura di stuccature ed integrazioni (ovvero la possibilità di assimilare al colore della pietra originale tutte le parti non equilibrate) verrà valutata al metro quadrato delle porzioni di materiale interessate in maniera diffusa dal fenomeno di squilibrio.
*Operazioni di integrazioni di parti mancanti*
L'integrazione delle lacune sarà differenziata secondo le tipologie di intervento e la valutazione di queste sarà al decimetro quadrato ($dm^2$) per superfici comprese entro i 50 $dm^2$ e al metro quadrato per superfici superiori al metro quadrato.

**24. Operazioni di protezione**
Le operazioni di protezioni dovranno essere valutate a superficie effettiva ($m^2$) con detrazione dei vuoti o delle parti non interessate al trattamento con superficie singola superiore a 0,5 $m^2$.
*Operazioni di stacco ed applicazioni nuovi supporti:* Le operazioni saranno valutate al metro quadrato per interventi compresi entro i 2,5 $m^2$, oltre tale misura saranno valutate in riferimento al singolo progetto.

**25. Operazioni di asportazione di mosaici**
La realizzazione della controforma rigida sarà valutata caso per caso valutando l'estensione e le difficoltà tecniche di realizzazione. La velatura del mosaico sarà valutata al metro quadrato differenziando la stima per: tipo di colla, tipo di tela utilizzata e tipo di materiale costitutivo la tessera.
La valutazione dello strappo (ovvero l'asportazione esclusiva delle tessere e del *nucleus*) sarà eseguita al metro quadrato e sarà differenziata in base allo stato di conservazione del sottofondo e allo spessore delle tessere. La valutazione dello stacco (ovvero l'asportazione delle tessere e del *radus*) sarà eseguita al metro quadrato e sarà differenziata in base allo stato di conservazione e allo spessore del sottofondo.

**26. Infissi in legno**
Gli infissi, come porte, finestre, vetrate, coprirulli e simili, dovranno essere misurati da una sola faccia sul perimetro esterno dei telai, siano essi semplici o a cassettoni, senza tener conto degli zampini da incassare nei pavimenti o soglie. Le pareti mobili saranno, similmente, computate a superficie con lo stesso criterio. Le parti centinate dovranno essere valutate secondo la superficie del minimo rettangolo circoscritto, ad infisso chiuso, compreso come sopra il telaio maestro, se esistente. Nel prezzo degli infissi risulteranno comprese e compensate le mostre e contromostre; nel caso in cui vengano montate separatamente dall'infisso dovranno essere misurate linearmente lungo la linea di massimo sviluppo.
Le serrande avvolgibili si computeranno al metro quadrato aumentando la luce netta di 5 cm in larghezza e 20 cm in altezza; le persiane a cerniera o scuri esterni verranno calcolati sulla base della superficie misurata sul filo esterno degli stessi includendo nel prezzo di tutti i tipi di persiane, le mostre, le guide, le cerniere ed il loro fissaggio, i copribili ed ogni altro onere.
Gli spessori indicati nelle varie voci della tariffa sono quelli che debbono risultare a lavoro compiuto.
Tutti gli infissi dovranno essere sempre provvisti delle ferramenta di sostegno e di chiusura, delle codette a muro, maniglie e di ogni altro accessorio occorrente per il loro buon funzionamento. Essi dovranno inoltre corrispondere in ogni particolare ai campioni approvati dalla D.L.
I prezzi elencati comprendono la fornitura a piè d'opera dell'infisso e dei relativi accessori di cui sopra, l'onere dello scarico e del trasporto sino ai singoli vani di destinazione e la posa in opera. Superfici unitarie non inferiori a 1,5 $m^2$.

**27. Lavori in legno**
Nella valutazione dei legnami non dovrà essere tenuto conto degli incastri e dei nodi necessari per l'unione dei diversi pezzi, allo stesso modo non dovranno essere detratte le relative mancanze o intagli. I prezzi

inerenti, la lavorazione e la posizione in opera dei legnami saranno comprensivi di ogni compenso per la fornitura di tutta la chioderia, delle staffe, dei bulloni ecc. occorrente per gli sfridi, per l'esecuzione degli incastri e degli innesti di qualunque specie, per palchi di servizio e/o per qualunque altro mezzo provvisionale e lavoro per il sollevamento il trasporto e la posa in opera.
La grossa armatura dei tetti (capriate, arcarecci, terzere, puntoni ecc.) e dei solai (travi principali) dovrà essere misurata in metri cubi di legname in opera, nel suddetto prezzo saranno comprese e compensate la ferramenta, la catramatura delle teste, nonché tutti gli oneri elencati sopra.

**28. Lavori in metallo**

Tutti i lavori in metallo dovranno essere, in generale, valutati a peso; i relativi prezzi verranno applicati a lavorazione completamente ultimata, al peso effettivo dei metalli determinato prima della loro posa in opera, con pesatura diretta fatta in contraddittorio ed a spese dell'appaltatore, escludendo dal peso le verniciature e coloriture.
Nei prezzi dei lavori in metallo sarà compreso ogni compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera; saranno pertanto anche compresi e compensati l'esecuzione dei necessari fori e degli incastri nelle murature e pietre da taglio, le piombature, le sigillature e le malte.
I prezzi dei profilati in ferro (a doppio "T" , ad "H", ad "L" a "C" o con qualsiasi altro profilo) per solai, piattabande, collegamenti ecc., varranno anche in caso di eccezionale lunghezza, considerevole ampiezza di sezione e specifica tipologia per cui sia richiesta un'apposita fabbricazione. Saranno altresì compensati, oltre il trasporto in alto o la discesa in basso, tutte le provviste, tagli, lavorazioni ecc., necessari per congiungere le teste di tutte le travi dei solai con tondini, tiranti, cordoli in cemento armato ossia applicazione di chiavi, coprichiavi, chiavarde, staffe, bulloni, chiodature ecc. nonché tutte le procedure necessarie al fine di garantire le travi ai muri d'ambito ovvero per collegare due o più travi tra loro. Sarà inoltre, compensato ogni altro lavoro prescritto dalla D.L. per la perfetta riuscita del solaio e per far esercitare alle travi la funzione di collegamento sui muri d'ambito.
Nel prezzo del ferro per armature di opere in cemento armato, oltre alla lavorazione e ad ogni sfrido sarà compreso l'onere per la legatura di ogni singolo elemento con filo di ferro, la fornitura del filo di ferro e la posa in opera dell'armatura stessa.
*Lavori in vetro o cristallo*
Saranno valutate riferendosi alle superfici effettive ($m^2$) di ciascun elemento all'atto della posa in opera. Per gli elementi non rettangolari si assume come superficie quella del minimo rettangolo circoscrivibile. Il prezzo risulterà comprensivo del mastice, dei siliconi, delle punte per il fissaggio, delle lastre e delle eventuali guarnizioni in gomma, prescritte per i telai in ferro. Superfici unitarie non inferiori a 0,5 $m^2$.
*Lattonerie*
Le opere da lattoniere quali, canali di gronda, scossaline, converse, pluviali, saranno misurate a peso. Nel prezzo sarà compresa la fornitura di cicogne, tiranti, grappe, cravatte, armille, collari. I tubi in ghisa si valuteranno a peso; i tubi in PVC, cemento amianto, cemento, grès ceramico, saranno valutati a metro lineare.
C*oibentazioni*
Verranno valutate a superficie, a volume ovvero a metro lineare a seconda delle indicazioni delle singole voci, con detrazione dei vuoti e delle zone non protette con superficie superiore a 0,5 $m^2$. In linea generale si utilizzerà il metro quadrato per solai o pareti di appoggio ed il metro lineare per il rivestimento isolante di tubazioni (salvo nel caso di isolanti a lastre nel qual caso si utilizzerà il metro quadrato). Nel prezzo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera.

**29. Impermeabilizzazioni**

Le impermeabilizzazioni dovranno essere valutate a superficie effettiva ($m^2$) con detrazione dei vuoti o delle parti non impermeabilizzate con superficie singola superiore a 0,5 $m^2$. I risvolti da realizzare per l'impermeabilizzazione del raccordo con le superfici verticali verranno calcolati al metro quadrato solo quando la loro altezza, rispetto al piano orizzontale di giacitura della guaina, sia superiore a 15 cm. Nel prezzo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera; saranno pertanto anche compresi e compensati la sigillatura a caldo delle sovrapposizioni, la creazione di giunti e connessioni e quanto altro richiesto.

**30. Canne fumarie**

Le opere dovranno essere valutate al metro lineare (ml) e per sezione come indicato nelle singole voci.

**31. Manodopera**

Gli operai per i lavori in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.
L'Appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai non graditi alla D.L.
Circa le prestazioni di manodopera saranno osservate le disposizioni e convenzioni stabilite dalle Leggi e dai

contratti collettivi di lavoro, stipulati e convalidati a norma delle leggi sulla disciplina giuridica dei rapporti collettivi cioè quanto disposto dalla legge 300/1970 (Statuto dei lavoratori), ed in particolare quanto previsto dall'art. 36 della suddetta legge. Nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'impresa si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili ed affini e negli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori anzidetti.
L'impresa si obbliga altresì ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci. I suddetti obblighi vincolano l'impresa anche se non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale della stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica, economica o sindacale.
L'impresa è responsabile in rapporto alla stazione appaltante dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi loro dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto.
Il fatto che il subappalto sia o non sia stato autorizzato, non esime l'impresa dalla responsabilità di cui al comma precedente e ciò senza pregiudizio degli altri diritti della stazione appaltante.
Non sono, in ogni caso, considerati subappalti le commesse date dall'impresa ad altre imprese:
a) per la fornitura di materiali;
b) per la fornitura anche in opera di manufatti ed impianti speciali che si eseguono a mezzo di ditte specializzate.

In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, accertata dalla stazione appaltante o ad essa segnalata dall'Ispettorato del Lavoro, la stazione appaltante medesima comunicherà all'Impresa e, se del caso, anche all'Ispettorato suddetto, l'inadempienza accertata e procederà ad una detrazione del 20% sui pagamenti in acconto, se i lavori sono in corso di esecuzione, ovvero alla sospensione del pagamento del saldo, se i lavori sono stati ultimati, destinando le somme così accantonate a garanzia dell'adempimento degli obblighi di cui sopra.
Il pagamento all'impresa delle somme accantonate non sarà effettuato sino a quando dall'Ispettorato del Lavoro non sia stato accertato che gli obblighi predetti sono stati integralmente adempiuti.
Per le detrazioni e sospensione dei pagamenti di cui sopra, l'impresa non può opporre eccezioni alla stazione appaltante, né ha titolo al risarcimento di danni.

### 32. Ponteggi

I ponteggi esterni ed interni di altezza sino a 4,50 m dal piano di posa si intenderanno sempre compensati con la voce di elenco prezzi relativa al lavoro che ne richieda l'installazione. Ponteggi di maggior altezza, quando necessari, si intenderanno compensati a parte, una sola volta, per il tempo necessario alla esecuzione delle opere di riparazione, conservazione, consolidamento, manutenzione.

### 33. Noleggi

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.
Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine. Il prezzo comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine.
Con i prezzi di noleggio delle motopompe, oltre la pompa sono compensati il motore, o la motrice, il gassogeno e la caldaia, la linea per il trasporto dell'energia elettrica ed, ove occorra, anche il trasformatore.
I prezzi di noleggio di meccanismi in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo stabilito per meccanismi in funzione soltanto alle ore in cui essi sono in attività di lavoro; quello relativo a meccanismi in riposo in ogni altra condizione di cose, anche per tutto il tempo impiegato per riscaldare la caldaia e per portare a regime i meccanismi.
Nel prezzo del noleggio sono compresi e compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento dei detti meccanismi.
Per il noleggio dei carri e degli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

### 34. Trasporti

Con i prezzi dei trasporti s'intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente. I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche. La valutazione delle materie da trasportare è fatta, a seconda dei casi, a volume o a peso, con riferimento alla distanza.

# TITOLO II – NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE OPERE TERMOIDRAULICHE

## CAPO 4. PREMESSA E OGGETTO DELL'APPALTO

Il Concorrente, partecipando alla gara, si impegna a verificare che le opere in appalto siano realmente eseguibili sulla scorta delle informazioni contenute negli elaborati di progetto e in base alle verifiche che autonomamente dovrà condurre, si impegna ad assumere di conseguenza ogni responsabilità circa la perfetta esecuzione ed il corretto funzionamento degli impianti in questione, sia nelle singole parti che nel loro complesso. Tutti gli impianti dovranno essere realizzati in conformità alle norme vigenti, alle descrizioni, prescrizioni e vincoli precisati nel presente capitolato di patti e condizioni e nei documenti che fanno parte integrante e sostanziale del progetto esecutivo.
In particolare si ritengono vincolanti le specifiche tecniche di seguito indicate relative ai diversi materiali, macchine e componenti di impianto, intese come requisiti minimi prestazionali e di qualità.
Al Concorrente è peraltro noto che:
• l'intervento sarà effettuato in sito di importante valore artistico e storico, pertanto dovrà essere eseguito con la massima cura ed attenzione per la preservazione del bene;
• durante le operazioni di cantiere dovranno essere assicurate tutte le opere provvisionali necessarie a mantenere inalterata la funzionalità dell'intero complesso;
• prima di ogni intervento in cantiere, sarà assolutamente necessario raccordarsi con la DdL e con i Tecnici al fine di essere certi che non vengano effettuate operazioni in grado di compromettere il fabbricato in qualsiasi suo aspetto e/o la sicurezza di tutto il Personale addetto ai lavori;
• talune lavorazioni e/o messe a punto e/o collaudi potrebbero essere effettuati in periodo semifestivo e/o festivo, a insindacabile giudizio della DdL e dei Tecnici, al fine di garantire il tempi ed il rispetto del programma dei lavori. Tutto ciò senza che l'Appaltatore possa pretendere ulteriori compensi.
L'oggetto dell'appalto consiste sommariamente nelle seguenti opere e lavorazioni:
- rimozione di apparecchiature esistenti, demolizione di tubazioni e relativo trasporto a rifiuto del materiale di risulta nonchè smaltimento del rifiuto a norma di legge;
- posa di generatore di calore all'esterno;
- realizzazione di dorsali di tubazione interrate, salite o calate a parete, dorsali di tubazione a parete a vista e/o dorsali in traccia sulla sommità delle pareti perimetrali;
- tutte le coibentazioni necessarie;
- posa di n.3 unità di trattamento aria con i relativi allacciamenti di tubazioni e canalizzazioni di diffusione aria;
- posa di canalizzazioni d'aria;
- assistenza muraria di ogni ordine e grado, tinteggi e finiture dei locali attraversati, pulizie del cantiere, trasporti a rifiuto dei materiali di risulta e quant'altro necessario

**I Interpretazione degli elaborati progettuali**

Resta inteso che gli impianti saranno costruiti a regola d'arte, finiti completi e funzionanti in ogni loro parte. Qualora risultassero discordanze tra le prescrizioni di capitolato o elenco prezzi e quelle riportate negli elaborati grafici, si applicherà in ogni caso la condizione più vantaggiosa per la Stazione Appaltante concordando con la D.L. il tipo e le dimensioni del lavoro stesso.
Trattandosi di appalto globale, comprendente in tutto le opere sia architettoniche e strutturali che quelle impiantistiche, prima dell'inizio dei lavori si dovranno verificare le interconnessioni e le implicazioni conseguenti all'esecuzione delle varie categorie di opere oggetto dell'appalto ed in particolare:
• forometrie nelle strutture e comunque occorrenti, per l'esecuzione a regola d'arte degli impianti da realizzare in accordo alle tavole di progetto relative agli stessi;
• opere murarie a servizio dell'impiantistica inserite nelle varie sezioni di Appalto;
• congruenza dell'assetto architettonico con quelli impiantistici e interconnessione tra questi ultimi;
Comunque, anche se per semplificazione, non fossero state considerate alcune parti di impianto o tipi di materiali, la D.L. definirà il tipo e le caratteristiche nel rispetto del Progetto e delle prescrizioni di Capitolato secondo condizione più vantaggiosa per la Stazione Appaltante.

**II Osservanza di leggi e decreti**

Tutti gli impianti dovranno essere dati perfettamente funzionanti, realizzati nel pieno rispetto delle norme vigenti, di ogni genere (Vigili del Fuoco, norme di prevenzione incendi, norme UNI, UNI-CIG, EN, ISPESL, norme CEI, regolamenti Comunali, Regionali, e norme di buona tecnica) e completi, in ogni loro parte, di tutti gli accessori necessari per il corretto unzionamento.

Stante la responsabilità dell'Appaltatore circa il rispetto delle specifiche tecniche, contenute sia nel progetto sia nelle normative e raccomandazioni progettuali relative agli impianti per strutture in appalto, e la collaudabilità degli impianti, nell'esecuzione delle opere in appalto, l'Appaltatore è soggetto all'osservanza del presente Capitolato Tecnico e relativi disegni di progetto allegati e di ogni altra Norma di Legge, Decreto o Regolamento vigente o che siano emesse in corso d'opera, in tema di assicurazioni sociali e lavori pubblici o che abbiano comunque applicabilità con i lavori di cui trattasi.
Si precisa che dovrà essere cura dell'Appaltatore assumere in loco, sotto la propria completa ed esclusiva responsabilità, le necessarie informazioni presso le sedi locali ed i competenti uffici degli Enti pubblici interessati (ad es. Ufficio d'Igiene), nonché prendere con essi ogni necessario accordo inerente alla realizzazione ed al collaudo degli impianti.

**III Progetto costruttivo di montaggio**

L'Appaltatore, per il fatto stesso di presentare l'offerta, si assume la piena e completa responsabilità del progetto consegnato dalla Stazione Appaltante.
A tal fine l'Appaltatore, prima della messa in opera dei materiali e delle apparecchiature costituenti gli impianti, approntera il progetto costruttivo degli stessi sulla base del presente progetto esecutivo, per la successiva verifica ed approvazione della stazione Appaltante.
Detti disegni riporteranno anche tutte le indicazioni idonee a consentire alla D.L. di verificare la rispondenza al progetto esecutivo, ed a tal fine dovrà contenere anche le caratteristiche prestazionali di dettaglio, la casa costruttrice ed ogni altro elemento utile di ciascun componente ed apparecchiatura.
Solo dopo approvazione da parte della D.L. si potrà procedere alla esecuzione delle opere di cui ai disegni suddetti. Eventuali varianti e/o modifiche che si rendessero necessarie saranno preventivamente approvate dalla D.L. e/o dalla Stazione Appaltante.
L'Appaltatore integrerà il progetto esecutivo con quello costruttivo, necessario a definire completamente le opere ed a consentire il parallelo e coordinato sviluppo di tutti i lavori in corso di cantiere.
In particolare saranno consegnate alla D.L.:
- tavole planimetriche di tutti gli impianti, con indicati esattamente i percorsi delle linee principali e derivate, affinché non ci siano intralci o ritardi nell'esecuzione dei lavori;
- i disegni costruttivi dei principali passaggi in funzione delle opere strutturali;
- i disegni complessivi e particolari costruttivi degli staffaggi degli impianti alle strutture con indicazione dei carichi gravanti;
- i disegni costruttivi (piante e sezioni) degli impianti installati all'esterno e nei locali tecnici;
- i particolari costruttivi illustranti in dettaglio le modalità di installazione dei vari componenti degli impianti, in coordinamento reciproco (impianti meccanici ed impianti elettrici) ed in riferimento al progetto delle opere murarie;
- la relazione tecnica, redatta da tecnico di competenza specifica nel settore, di merito sugli aspetti della rumorosità degli impianti, cui sono identificate le sorgenti sonore, i calcoli della propagazione, il dimensionamento di eventuali mezzi silenziatori e dei provvedimenti di attenuazione in funzione delle macchine che verranno installate ed i risultati conseguenti negli ambienti ed all'esterno;
- la relazione di calcolo delle effettive perdite di carico idrauliche al fine di verificare le prestazioni complessive dei componenti installati.

Tutti gli elaborati saranno sottoposti all'esame della Direzione Lavori.
L'Appaltatore dovrà inoltre apportare al progetto esecutivo tutte le migliorie necessarie per conseguire i risultati prestazionali richiesti, in conseguenza delle caratteristiche tecniche delle apparecchiature scelte, senza che con ciò possa chiedere maggiori compensi alla Stazione Appaltante.
Nessuna opera verrà eseguita prima che siano stati elaborati i disegni suddetti - con riportate le apparecchiature previste in offerta dall'Impresa Appaltatrice - muniti di visto di approvazione della D.L.
Sarà cura dell'Impresa Appaltatrice contattare preventivamente la D.L. per definire, sulla base delle tavole di progetto, la posizione esatta di ogni utenza, ai fini di evitare successivi rifacimenti di parti di impianto già eseguite.
Al termine dei lavori l'Appaltatore consegnerà tutti gli elaborati e documenti in conformità a quanto previsto nella presente specifica.
Fermo restando che per la Direzione Lavori l'unico interlocutore tecnico responsabile per l'Appaltatore è il Direttore Tecnico responsabile dell'appalto per conto dell'impresa, tutti gli elaborati del progetto esecutivo e di dettaglio che verranno utilizzati in cantiere, in officine o stabilimenti esterni, dovranno essere firmati dal suddetto Direttore Tecnico dell'impresa nonché dai tecnici calcolatori dell'impresa ed essere sottoposti nei termini sopra indicati, all'esame della Direzione Lavori per la preventiva approvazione da parte della D.L. stessa e dei Progettisti.

## IV Condotta e svolgimento dei lavori

In aggiunta a quanto previsto nel Capitolato generale, l'Appaltatore per gli Impianti Meccanici e affini conferirà l'incarico della Direzione Tecnica del cantiere a un ingegnere o perito industriale, iscritto all'Albo Professionale, di provata capacità nel campo specifico, il quale deve avere il gradimento della D.L. e manifesterà per iscritto la propria accettazione ed assicurare la propria disponibilità per tutto il tempo necessario all'esecuzione dei lavori; dovrà inoltre essere sempre disponibile tutte le volte che la D.L. è presente in cantiere.
Tale nomina sarà comunicata all'Ente Appaltante che dovrà esprimere il suo consenso.
L'Impresa Appaltatrice non sostituirà tale incaricato senza preventiva autorizzazione dell'Ente Appaltante.
Qualora il tecnico sopracitato, per qualsiasi motivo, intendesse interrompere il suo rapporto con l'Impresa Appaltatrice, l'Impresa stessa darà immediatamente comunicazione alla D.L.. e lo sostituirà con altro altrettanto competente.
L'Appaltatore inoltre assicurerà la presenza continua (per tutto il tempo che intercorre tra il Verbale di Consegna e la Consegna degli Impianti alla Stazione Appaltante) sul luogo dei lavori di un Assistente di Cantiere, adibito esclusivamente a compiti tecnici amministrativi e di sorveglianza.

## V Oneri ed obblighi diversi a carico dell'appaltatore

Oltre agli oneri di cui agli articoli del Capitolato Generale e agli altri indicati nella presente specifica, saranno a carico dell'Appaltatore gli oneri ed obblighi seguenti:

1. Le prestazioni professionali relative alla predisposizione degli elaborati tecnici, alle verifiche, alle calcolazioni e alla progettazione costruttiva e di montaggio, compreso i contributi per la Cassa Nazionale di Previdenza per gli Ingegneri e Architetti o Ente di Previdenza dei Periti Industriali e le eventuali spese di stampa e riproduzione;
2. La progettazione esecutiva di cantiere in scala idonea alla facile lettura da parte del personale esecutivo, di tutte le opere da realizzare e di tutte le varianti (modifiche intervenute fra progetto ed effettiva realizzazione) compresi gli eventuali completamenti e/o aggiornamenti che fossero richiesti dalla D.L. entro il termine indicato nel capitolato speciale dalla data di approvazione della variante, comprese le spese per la stampa e riproduzione di disegni e documenti per la D.L: nonché la fornitura di una serie completa di disegni e/o supporto ottico informatico (CD) per la stazione appaltante.
3. Ponteggi di lavoro e sollevamenti eseguiti in conformità delle norme vigenti;
4. Il montaggio dei materiali da parte di operai specializzati e manovali meccanici in aiuto;
5. Lo smontaggio e rimontaggio delle apparecchiature che possano compromettere, a giudizio insindacabile della D.L., la buona esecuzione di altri lavori in corso;
6. Il provvisorio smontaggio e rimontaggio degli apparecchi e di altre parti dell'impianto, eventuale trasporto di essi in magazzini temporanei per proteggerli da deterioramenti di cantiere e dalle offese che potrebbero arrecarvi lavori di coloritura, verniciatura, riprese di intonaci ecc. e successiva nuova posa in opera;
7. La protezione, mediante fasciature, coperture ecc. degli apparecchi e di tute le parti degli impianti che non è agevole togliere d'opera per difenderli da rotture, guasti, manomissioni ecc. in modo che a lavoro ultimato, il materiale sia consegnato come nuovo;
8. I rischi derivati dai trasporti di cui ai precedenti punti;
9. Gli studi e i calcoli eventualmente necessari, anche a giudizio della D.L. durante l'esecuzione delle opere;
10. Le prove e i collaudi che la Direzione Lavori ordini di eseguire, anche presso istituti incaricati, sui materiali impiegati o da impiegare, in correlazione a quanto prescritto circa l'accettazione dei materiali stessi;
11. La presenza continua sul luogo dei lavori di un capo operaio di provata capacità nel campo specifico;
12. La sorveglianza degli impianti eseguiti e dei materiali giacenti in cantiere sia di giorno che di notte col personale necessario onde evitare danni o manomissioni anche da parte di operai di altre Imprese che debbano eseguire i lavori affidati alle medesime, nei locali cui detti impianti sono eseguiti tenendo sollevato l'Ente Appaltante da qualsiasi responsabilità o controversia in merito;
13. La messa a disposizione della Direzione Lavori degli apparecchi e strumenti di controllo e della necessaria mano d'opera per le misure e verifiche in corso d'opera e in fase di collaudo dei lavori eseguiti;
14. Mezzi d'opera e grossa manovalanza di cantiere per scarico immagazzinamento e trasporto nel luogo di installazione di tutti i materiali, compresi i sollevamenti;
15. Tutti gli adempimenti nei confronti di enti ed associazioni tecniche aventi il compito di esercitare controlli di qualsiasi genere. In particolare quelle derivanti dallo svolgimento di tutte le pratiche per ottenere le necessarie autorizzazioni municipali, regionali e governative; permessi e quant'altro occorrente perché venga concesso il libero esercizio degli impianti installati, addossandosi l'onere delle relative tasse, bolli e spese varie, nonché quelle per eventuali multe per omissioni e ritardi. Saranno compresi in questa voce anche gli oneri (domande, bolli, eventuali elaborati di progetto per l' INAIL) per il rilascio dei documenti sopracitati.

16. L'adozione, nell'esecuzione di tutti i lavori, dei provvedimenti e delle cautele necessarie per garantire la vita e l'incolumità degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi, nonché per evitare danni ai beni pubblici e privati, osservando fra l'altro le disposizioni contenute nel Decreto del Presidente della Repubblica in data 7/1/1956 n° 164 e D.P.R. 27/4/1955 n° 547 e del Decreto Legislativo 19 settembre 1994 n° 626 "attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro" e Dlgs 494/96. La piena ed ampia responsabilità in caso di infortuni o di danni ricadrà pertanto sull'Impresa Appaltatrice restandone completamente sollevato l'Ente Appaltante, i tecnici ed il personale comunque preposti alla Direzione e sorveglianza dei lavori per conto dello stesso Ente Appaltante;
17. La predisposizione d'impianto elettrico, in stato di efficiente uso, per l'illuminazione del cantiere (normale e di sicurezza) e per l'illuminazione provvisoria di tutti i locali nel quale si eseguiranno i lavori di competenza, in modo tale da assicurare una normale visibilità e percorribilità del complesso;
18. la diligente ed esatta esecuzione delle misurazioni, tracciamenti e rilievi che fossero richiesti dalla D.L. relativi alle opere oggetto dell'Appalto, da eseguirsi o già eseguite;
19. Le spese per la fornitura di fotografie delle opere in corso nei vari periodi dell'appalto, nel numero e dimensioni che saranno di volta indicati dalla D.L. (Es: tutto quanto andrà sottotraccia sarà fotografato con macchina digitale);
20. Tutte le spese inerenti i collaudi e le verifiche provvisorie, in corso d'opera e definitive, a cura della DdL, incluse le prove di officina;
21. Tutte le spese inerenti il collaudo definitivo e finale, escluso il compenso professionale del collaudatore;
22. La messa a disposizione della Direzione Lavori degli apparecchi e strumenti di controllo e della necessaria mano d'opera per le misure e verifiche in corso d'opera e in fase di collaudo dei lavori eseguiti:
23. La protezione, mediante fasciature, coperture, ecc. degli apparecchi e di tutte le parti degli impianti a piè d'opera e di quelli che per qualsiasi causa, occorre togliere d'opera per difenderli da rotture, guasti, manomissioni ecc. in modo che a lavoro ultimato, il materiale sia consegnato come nuovo;
24. La campionature di tutti i materiali ed i componenti prima della posa;
25. Tutte le prove richieste dalla D.L. ;
26. Obbligo da parte dell'Appaltatore di mettere a disposizione personale tecnico specializzato per l'istruzione di personale della Stazione Appaltante sul funzionamento di tutti gli impianti eseguiti per il periodo di tempo indicato successivamente, a partire dal verbale di ultimazione e previa disponibilità della Stazione Appaltante.
27. Lo smontaggio di tutti gli impianti esistenti sia da sostituire, sia non più utilizzati (tubazioni, conduttori, apparecchiature varie ecc.) e loro accatastamento in luogo indicato dalla D.L., ed il loro trasporto a rifiuto, compresi i mezzi di trasporto e **gli oneri per lo smaltimento a norma di legge;**
28. tutte le opere provvisionali necessarie a mantenere inalterata la funzionalità necessaria dell'attuale complesso durante le operazioni di cantiere;
29. tutti gli oneri derivanti dalla esecuzione di lavorazioni, a insindacabile giudizio della DdL e dei Tecnici, in periodo notturno e/o in periodo semifestivo e/o festivo, al fine di garantire il tempi ed il rispetto del programma dei lavori.
30. In generale ogni onere necessario a dare i lavori finiti a perfetta regola d'arte senza che l'Ente Appaltante abbia a sostenere spesa alcuna oltre il prezzo pattuito, compresi quelli derivanti dai sondaggi e saggi su componenti esistenti che devono essere interconnessi alle nuove parti impiantistiche;

Il corrispettivo per tutti gli obblighi ed oneri sopra specificati s'intende conglobato nei prezzi a corpo di contratto

## VI Norme per la valutazione dei lavori

Per tutte le opere dell'Appalto le varie quantità di lavoro saranno compensate a corpo, secondo i prezzi onnicomprensivi di contratto.

Sono compresi nell'offerta i costi per assistenze murarie piccole e grandi, oneri per noli trasporti, collaudi, gli oneri accessori e quant'altro necessario per dare le opere compiute.

La valutazione del peso dei canali, se necessaria, sarà effettuata mediante calcolo teorico del peso delle stesse in funzione del reale sviluppo geometrico misurato su planimetria in scala al 50 e del peso per unità di superficie del tratto in esame, secondo le tabelle esposte nel seguito, moltiplicato per 1,3 al fine di considerare lo sfrido, il peso delle flange, quello degli staffaggi e quello dei deflettori interni. La valutazione della superficie di coibentazione, sempre se necessaria, sarà effettuata mediante calcolo teorico della superficie dei canali, misurata su planimetria in scala al 50, moltiplicato per 1,2 al fine di considerare lo sfrido del materiale.

Analogamente, la valutazione della lunghezza delle tubazioni, se necessaria, sarà effettuata mediante calcolo teorico in funzione del reale sviluppo geometrico misurato su planimetria in scala al 50, moltiplicato per 1,2 al fine di considerare lo sfrido, il peso delle flange, quello degli staffaggi e di qualunque altro

accessorio necessario per la corretta posa in opera. La valutazione della superficie di coibentazione, sempre se necessaria, sarà effettuata mediante calcolo teorico della superficie dei tubi, misurata su planimetria in scala al 50 ed in funzione del diametro esterno degli stessi a coibentazione applicata, moltiplicata per 1,2 al fine di considerare lo sfrido del materiale.

**VII Verifiche provvisorie**

Tutti gli impianti oggetto di fornitura potranno essere soggetti a collaudi e prove in corso d'opera e finali allo scopo di verificare:

1. la corrispondenza tecnico-funzionale alle norme vigenti ai fini della agibilità e presa in consegna anche provvisoria e anticipata da parte della Stazione Appaltante;
2. la corrispondenza delle forniture agli impegni contrattuali;
3. la corretta esecuzione nel rispetto delle prescrizioni e secondo la "buona regola d'arte";
4. lo stato di funzionamento delle varie apparecchiature a livello delle singole prestazioni;
5. la rispondenza al corretto funzionamento degli impianti come risultato conseguente l'inserimento delle apparecchiature in contemporaneo funzionamento secondo quanto previsto per i singoli sistemi o impianti;
6. la rispondenza delle prestazioni degli impianti alle condizioni prescritte nell'ambito delle tolleranze ammesse;
7. quanto indicato nei Capitolati Speciali d'Appalto, Descrizioni Tecniche;
8. quant'altro la Stazione Appaltante e la D.L. ritengano opportuno;

Alla fine delle tarature, prove e collaudi in corso d'opera l'Appaltatore sarà responsabile di una prova di affidabilità e rispondenza dell'intero impianto installato.

Potranno inoltre essere eseguite, a esclusiva discrezione della D.L., in contraddittorio con l'Impresa Appaltatrice le seguenti prove:

Sono previsti i seguenti collaudi preliminari:

A) collaudi di tenuta
B) collaudo provvisorio
C) collaudi in officina e in laboratori specializzati
D) collaudi tecnici
E) collaudo finale.

Collaudi di tenuta a freddo

a) I collaudi di tenuta consistono nelle prove di tenuta a freddo dei circuiti.
b) Le prove di tenuta a freddo saranno effettuate sottoponendo i circuiti ad una pressione pari ad almeno una volta e mezzo la pressione di esercizio ma, comunque, non inferiore a quella degli apparecchi installati;
c) Le prove di tenuta devono continuare per un periodo di tempo sufficiente a garantire la individuazione di tutte le perdite e, comunque, per un tempo non inferiore a 12 ore.
d) Dopo il collaudo a freddo le perdite o difetti devono essere riparati e, indi, si deve procedere ad una nuova verifica.
e) Gli oneri per il rifacimento delle prove saranno a carico dell'Installatore.

Collaudi di tenuta a caldo

a) I collaudi di tenuta a caldo consistono nella verifica del comportamento dei circuiti sottoposti alla massima temperatura di esercizio. Verranno verificate l'assenza di perdite e di sforzi e di deformazioni permanenti a parti o componenti degli impianti.
b) Dopo il collaudo di tenuta a caldo tutti gli eventuali difetti dovranno essere riparati e, indi, si procederà ad una nuova verifica.
c) Gli oneri per il rifacimento delle prove saranno a carico dell'Installatore.

Collaudo provvisorio e funzionale

Il collaudo provvisorio potrà coincidere con la prova di tenuta a caldo.

Esso consisterà nella verifica del sostanziale completamento degli impianti e del loro funzionamento generico.

In nessun caso l'esito favorevole del collaudo provvisorio solleverà l'Installatore dalle sue responsabilità contrattuali.

Collaudi in officina e in laboratori specializzati

Verranno effettuati alla presenza della Committente gli eventuali collaudi di materiali e macchinari previsti nelle specifiche tecniche.

I collaudi in officina del costruttore interessano principalmente le macchine, i quadri, le parti di impianto prefabbricate.

Dei collaudi eseguiti in officina e in laboratorio dovranno essere redatti verbali contenenti complete indicazioni delle modalità di esecuzione, dei risultati ottenuti e della rispondenza alle prescrizioni del capitolato.

I verbali saranno allegati al collaudo definitivo.

Per i materiali e le apparecchiature sottoposte a collaudo da parte di Enti ufficiali saranno pure forniti i certificati da parte dell'Appaltatore. In particolare dovranno essere rilasciati alla Committente i bollettini di taratura dei contatori di energia ed i certificati di collaudo dei materiali antideflagranti.
Collaudi tecnici: I collaudi tecnici per i quadri elettrici e le linee elettriche saranno eseguiti durante il periodo dei collaudi
*Prove meccaniche*
- Avviamento apparecchiature
- Prove di rumorosità
- Prove di vibrazioni
- Prove di funzionamento motori
- Prove di assorbimento
- Prove controlli luminosi ed acustici

*Prove idrauliche*
- Prove di circolazione
- Prove di portata
- Prove di tenuta
- Prove di dilatazione

*Controlli di funzionamento apparecchiature e determinazione prestazioni anche in riferimento ai dati progettuali e di catalogo*
- Pompa di calore
- Pompe di circolazione
- Unità di trattamento aria
- Organi di regolazione e controllo

*Taratura impianti*
- Taratura lato aria
. portata impianto
. portata UTA
. distribuzione ambientale
- Taratura lato acqua
. portata impianto
. temperatura fluidi termovettori
. eqilibratura impianto
- Taratura condizioni ambientali
. taratura sensori
. taratura regolatori

*Consumi energetici*
- Determinazione dei consumi energetici onde determinare i relativi rendimenti delle apparecchiature.

I tempi ed i metodi di esecuzione delle prove preliminari, di cui sopra, dovranno essere concordati tra le parti; dei risultati ottenuti verrà compilato regolare verbale.
Ove si trovi da eccepire in ordine ai risultati delle prove, o delle verifiche, perché non conformi ai dati tecnici di progetto e/o alle prescrizioni di cui al presente capitolato, non verrà data l'autorizzazione all'esecuzione del collaudo finale e quindi non verrà emesso il verbale di ultimazione lavori finché da parte dell'Appaltatore non siano state eseguite tutte le modifiche, aggiunte, riparazioni e sostituzioni ritenute necessarie.
Inoltre si dovrà provvedere alla redazione del certificato di conformità della realizzazione a regola d'arte degli impianti, rilasciato da ditta specializzata per le opere in oggetto, completo di tutti gli elaborati grafici e allegati previsti.

## VIII Ultimazione e consegna lavori

All'atto dell'ultimazione dei Lavori l'Appaltatore consegnerà:
• una serie completa di elaborati grafici esecutivi di come è stato realizzato l'impianto, i particolari meccanici (le precise indicazioni dei pozzetti, delle tubazioni con relative profondità e con indicazione di posizione, ove esistessero interferenze con altre tubazioni), e le relazioni finali di calcolo, dimensionamento e verifica di tutte le grandezze (AS BUILT);
• la posizione e il tipo di tutte le apparecchiature installate con la documentazione fotografica a colori con relativi negativi digitali di parte di impianti eseguite in corso di esecuzione ed installazione con particolare riferimento a percorsi, tracce, attraversamenti e coesistenza con altri tipi di impianti;
• l'esatto percorso di tutte le tubazioni e canalizzazioni, con particolare riferimento a quelle sotto traccia;
• tutti gli schemi funzionali e costruttivi, compresi quelli dei fornitori;
• i manuali finali contenenti la descrizione puntuale ed esaustiva per la conduzione e manutenzione degli impianti (in lingua italiana) e delle specifiche funzionali di tutte le apparecchiature; dovrà, inoltre, essere

redatta la descrizione delle operazioni da compiersi in fase di avviamento iniziale e di quelle da effettuarsi ad intervalli periodici, secondo le norme vigenti e i criteri di buon funzionamento, e l'elenco di tutte le operazioni di ordinaria manutenzione e della frequenza degli interventi.
• certificazioni eseguite dai laboratori autorizzati dallo Stato sulla classe di comportamento al fuoco di tutti i materiali richiesti dalla DL.;
• certificazioni eseguite dai laboratori autorizzati dallo Stato di tutti i componenti di sicurezza INAIL;
La documentazione di cui sopra sarà fornita su supporto ottico (CD) mediante l'utilizzo di file compatibili DWG o DXF per quanto attiene i disegni, in formato Open Document o PDF per il resto e in cinque copie cartacee.

**IX Collaudo definitivo**

Il collaudo definitivo avrà luogo secondo i tempi e modi stabiliti nel Capitolato Generale e verrà eseguito secondo le prescrizioni della presente specifica.
I collaudi definitivi delle opere non alterano la responsabilità dell'Impresa Appaltatrice sancita dalle vigenti disposizioni di legge.
Il collaudatore dovrà accertare:
1. la corrispondenza delle forniture agli impegni contrattuali;
2. la corretta esecuzione nel rispetto delle prescrizioni della NORMATIVA VIGENTE e secondo la "buona regola d'arte";
3. lo stato di funzionamento delle varie apparecchiature a livello delle singole prestazioni;
4. la rispondenza al corretto funzionamento degli impianti come risultato conseguente l'inserimento delle apparecchiature in contemporaneo funzionamento secondo quanto previsto per i singoli sistemi o impianti;
5. la rispondenza delle prestazioni degli impianti alle condizioni prescritte nell'ambito delle tolleranze ammesse;
6. la verifica di tutti i certificati di prova e di collaudo delle apparecchiature presentati dall'Impresa Appaltatrice in sede di esecuzione;
7. quant'altro a giudizio del Collaudatore sia ritenuto necessario.

Si procederà al collaudo delle opere nel periodo successivo all'ultimazione dei lavori seguendo le norme UNI - ISPESL e tutte quelle stabilite in accordo con i collaudatori incaricati dalla Amministrazione Appaltante o richieste esplicitamente dalla D.L.
L'Appaltatore, oltre ad essere responsabile della perfetta manutenzione delle opere fino al collaudo, salvo il normale deperimento ed eventuali danni dovuti a colpa o ad uso di terzi, sarà poi tenuto ad eseguire i lavori di riparazione e modificazione che in sede di collaudo saranno giudicati necessari.
Il certificato di collaudo, ancorché positivo, non avrà valore assolutorio nei riguardi della perfetta esecuzione delle opere ed osservanza delle norme del presente Capitolato.
Il collaudo consisterà anche nella verifica qualitativa e quantitativa di dettaglio delle installazioni e nelle prove e misurazioni di funzionamento.
In particolare verrà rilevato quanto segue:
1) temperatura di andata e ritorno di ogni circuito.
2) assorbimento elettrico di ogni motore.
3) rumorosità degli impianti
4) verifica delle portate delle pompe
5) portate e velocità dell'aria per ogni circuito aeraulico
6) tutto quant'altro il collaudatore riterrà opportuno al fine del rispetto dei dati di progetto

Dal verbale di fine lavori, per un periodo di mesi dodici, l'appaltatore dovrà provvedere alla conduzione degli impianti con personale presente, con l'onere di tutte le spese dirette, escluse le fonti energetiche e il materiale di consumo.

# CAPO 5. REQUISITI GENERALI

## Art.1. Prescrizioni generali

***Art. 1.1 Manutenibilità***

I materiali e componenti degli impianti devono essere realizzati o installati in modo da consentire l'esecuzione di operazioni di manutenzione da parte del personale addetto alla conduzione e/o qualificato ai sensi della buona regola dell'arte e delle normative vigenti.

***Art. 1.2. Riparabilità e sostituibilità***

I principali materiali e componenti degli impianti, eccettuate al più le tubazioni di trasporto dei fluidi termovettori nonché le canalizzazioni di distribuzione ed estrazione dell'aria, devono essere realizzati ed installati in modo da consentire l'esecuzione di operazioni di riparazione da parte del personale addetto alla

conduzione e/o qualificato ai sensi della legge 37/08 e successivi decreti applicativi e delle normative vigenti. Tali operazioni devono poter essere eseguite in modo agevole e sicuro, senza richiedere lo smontaggio dell'intero impianto o di consistenti parti di esso.
La possibilità di eseguire agevolmente le riparazioni sui componenti in vista degli impianti può essere controllata, in fase di definizione dei dettagli di montaggio, mediante un esame qualitativo che accerti la facilità di accesso alle varie parti senza dover ricorrere a smontaggi estesi o di difficile esecuzione.

***Art. 1.3. Stabilità chimico reattiva***
I materiali e componenti degli impianti devono essere realizzati con materiali e finiture che mantengano invariate nel tempo le proprie caratteristiche chimico-fisiche, tenendo conto delle interazioni più o meno lente che possono svilupparsi fra i diversi componenti a contatto. Devono soddisfare a tale condizione anche gli eventuali dispositivi di fissaggio alle strutture murarie, nonché quelli complementari di tenuta (guarnizioni, etc.). In ogni caso non devono essere utilizzati materiali che presentino incompatibilità chimico-fisica fra loro o che possano dar luogo a fenomeni di corrosione elettrolitica evitando in particolare contatti diretti fra rame e zinco (o acciaio zincato) o fra metalli e materiali aggressivi (alluminio o acciaio e gesso). Nel caso di tubi interrati, occorre adottare comunque rivestimenti esterni protettivi (ad es. isolante e polietilene, per il trasporto di fluidi termovettori, o rivestimento bituminoso pesante, per quello dei fluidi combustibili) eventualmente integrati da sistemi di protezione attiva.

***Art. 1.4. Resistenza alle temperature e a sbalzi di temperatura***
Sotto l'azione di sollecitazioni termiche dovute al raggiungimento di temperature estreme (massime e/o minime) e di sbalzi di temperatura in tempi relativamente ridotti, i materiali e componenti degli impianti devono conservare inalterate le proprie caratteristiche chimico fisiche, geometriche, funzionali e di finitura superficiale. In particolare
- le tubazioni di trasporto dei fluidi termovettori devono resistere alle temperature ed agli sbalzi termici prodotti dalle condizioni di accensione e spegnimento degli impianti;
- gli isolamenti termici ed i materiali di tenuta in genere non devono deteriorarsi o perdere le proprie caratteristiche anche nelle condizioni di massima o minima temperatura di progetto dei fluidi termovettori, di esposizione ai raggi solari e alle temperature esterne.

***Art.1.5 LImitazione delle temperature superficiali***
La temperatura superficiale dei componenti degli impianti, direttamente accessibili dagli utenti o dagli addetti alla conduzione, non dovrà superare i 40 °C (con una tolleranza di 5°C), senza che sia segnalato il relativo pericolo.

***Art.1.6 Collaudo***
Dopo il completamento dell'installazione di porzioni d'impianto, a insindacabile giudizio della DdL, si procederà al collaudo preliminare del sistema di tubazioni e/o componenti installati alle condizioni sotto specificate e prima che vengano chiuse le tracce nelle murature. L'installatore dovrà notificare alla D.L. quando gli impianti sono pronti per l'ispezione ed il collaudo preliminare. Tutte le tubazioni dovranno essere collaudate ad una pressione doppia di quella di esercizio. Le pompe, le unità di trattamento aria e tutti i macchinari e le apparecchiature in genere dovranno essere fatti funzionare per un tempo sufficiente al bilanciamento degli impianti, questo inteso come preciso e inderogabile onere dell'Appaltatore, ed alla messa a punto degli apparecchi di regolazione e controllo. Il collaudo invernale definitivo degli impianti dovrà essere effettuato durante la prima stagione invernale successiva alla data del verbale di consegna.
Per prove di collaudo diverse da quelle specifiche verranno le "Norme per il collaudo degli impianti di riscaldamento e condizionamento del Collegio degli Ingegneri" e le "Norme idro-sanitarie dell'Associazione Nazionale Installatori di Impianti" e le Norme CEI per gli impianti elettrici.

# CAPO 6. SPECIFICHE TECNICHE E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

## Art. 2. Specifiche tecniche e caratteristiche costruttive dei materiali e delle apparecchiature.

***Art. 2.1. Tubazioni in rame saldobrasato***
**2.1.1 Impiego**
Le tubazioni in rame sono del tipo per saldobrasatura vengono utilizzate per convogliare l'acqua calda (uso riscaldamento) dal generatore agli apparecchi di riscaldamento terminali (U.T.A.).
**2.1.2 Materiali**
Le tubazioni in rame devono essere secondo UNI EN 1057:2006, serie pesante, spessore 1,0 mm fino a diametri esterni pari a 28 mm, spessore 1,5 mm per diametri esterni da 35 mm fino a 54 mm e spessore 2,0

mm per diametro esterno 64 mm.
Le tubazioni sono fornite in rame crudo in verghe;
Quando sono utilizzate per convogliare acqua calda uso riscaldamento o acqua di consumo le tubazioni possono essere del tipo preisolato. In tal caso l'isolamento deve essere in materiale sintetico espanso in tubo flessibile rispondente a quanto prescritto successivamente. Il tubo flessibile deve inoltre essere protetto esternamente con pellicola in materiale plastico resistente ai graffi e ai tagli.

**2.1.3 Raccordi e pezzi speciali**

La raccorderia ed i pezzi speciali sono in rame, ottenuti da tubi, predisposti per giunzione a brasatura, di tipo prefabbricato. Non sono ammessi pezzi speciali realizzati in sede di montaggio. Deve quindi essere disponibile, nei diametri assoluti e relativi, l'intera gamma di: manicotti semplici e ridotti, curve a 90° e 45°, gomiti, tees, etc. Per i cambiamenti di direzione verranno utilizzate curve prefabbricate, montate mediante saldatura o raccordi a vite e manicotto o mediante flange. Le derivazioni saranno posizionate in maniera che il loro verso sia concordante con la direzione di convogliamento dei fluidi. Le tubazioni potranno essere giuntate mediante saldobrasatura capillare, mediante raccordi a vite e manicotto o mediante flangeLe giunzioni fra tubi di differente diametro dovranno essere effettuate mediante idonei raccordi conici non essendo permesso l'innesto diretto di un tubo di diametro inferiore entro quello di diametro maggiore. Le tubazioni verticali potranno avere raccordi assiali o, nel caso si voglia evitare un troppo accentuato distacco dei tubi delle strutture di sostegno, raccordi eccentrici con allineamento su una generatrice.

**2.1.4 Giunzioni**

Le giunzioni devono essere realizzate mediante brasatura capillare all'argento e impiego della raccorderia.
Possono essere richiesti controlli radiografici a campione. Solo qualora questi controlli segnalassero saldature inaccettabili potrà essere richiesto il controllo radiografico di tutte le saldature.
Nel caso in cui l'esito degli esami non risulti positivo, le saldature non idonee devono essere rifatte e sottoposte nuovamente ad esame radiografico, fino ad ottenere risultato positivo.

**2.1.5.1 Sostegni e staffaggi**

Per le tubazioni aeree dovranno essere previsti idonei supporti, di facile accessibilità, costruiti ed installati in modo da prevenire abbassamenti e/o vibrazioni tali da superare i limiti di sollecitazione a fatica o snervamento dei materiali installati. La distanza tra due appoggi consecutivi dovrà risultare contenuta entro limiti tali da non arrecare inflessioni dannose o antiestetiche alle tubazioni.
Sono ammessi i seguenti tipi di sostegni e staffaggi:

- tondo diametro 10 mm sagomato ad "U" con estremità filettate ancorate ad un profilato ad U secondo UNI EU 54:1981. L'ancoraggio è realizzato, su ognuna delle estremità filettate del tondo con un dado dalla parte del tubo e con dado e controdado dalla parte del profilato;
- tubo zincato da W ancorato superiormente ad un piattello su cui viene fissata la parte superiore di un bracciale zincato destinato ad accogliere la tubazione da sostenere. Le due parti del bracciale sono serrate con due bulloni. Tra il bracciale zincato e la tubazione è interposto un nastro sintetico. Il piattello è reso solidale alla superficie orizzontale (solaio) mediante tasselli, è rettangolare ed ha la dimensione parallela all'asse del tubo pari alla distanza tra l'asse del tubo e la superficie stessa;
- tassello ancorato superiormente alla superficie orizzontale ed avente all'estremità inferiore una cerniera su cui è vincolato un tirante regolabile realizzato con due pezzi di tondo metallico diamo 10 mm. Il tirante, a sua volta, sostiene un bracciale zincato che accoglie la tubazione;
- supporti a collare in acciaio zincato montati su tassello ad espansione.
  Tra collare e tubo deve essere interposto nastro in materiale sintetico.

La distanza minima tra due sostegni consecutivi è in relazione al diametro del tubo sostenuto:

| Diametro est. | Distanza sostegni |
|---|---|
| *[mm]* | *[m]* |
| 16-22 | 1 |
| 28 | 1,5 |
| 35-42-54 | 2 |
| 64 | 2,5 |

In corrispondenza di qualsiasi tipo di diramazione devono essere previsti supporti appena prima ed appena dopo la medesima.

**2.1.5.2 Sostegni delle tubazioni inserite nelle murature**

Le tubazioni dorsali, inserite nelle murature, sono posate, una volta coibentate, all'interno di un semitubo metallico liscio, o altro materiale rigido indeformabile con il peso della tubazione di trasporto dei fluidi e con caratteristiche intrinseche di scorrevolezza, avente diametro superiore al diametro esterno della

coibentazione relativa. La coibentazione deve essere realizzata in modo tale da fornire sostegno a prova di schiacciamento e possibilità di scorrimento, al suo interno, della tubazione in rame. All'uopo si inseriranno nella coibentazione, pezzi speciali ad intervalli regolari, realizzati mediante un anello in polistirene ad altissima densità, dello stesso spessore della coibentazione, termofuso con spezzone di coibentazione dello stesso materiale della coibentazione standard, atto ad essere incollato alla stessa per continuità.

La distanza minima tra due sostegni speciali consecutivi è in relazione al diametro del tubo sostenuto:

| Diametro est. | Distanza sostegni |
|---|---|
| *[mm]* | *[m]* |
| 16-22 | 1 |
| 28 | 1,5 |
| 35-42-54 | 2 |
| 64 | 2,5 |

In corrispondenza di qualsiasi tipo di diramazione devono essere previsti supporti appena prima ed appena dopo la medesima.

**2.1.6 Posa**

a) Nella posa di reti convoglianti acqua calda nel sottofondo di pavimenti o in traccia sotto il terreno devono sempre essere impiegate tubazioni preisolate con materiale sintetico espanso, come descritto successivamente.
b) Negli attraversamenti di pareti e solai ciascun tubo deve essere contenuto in controtubo in acciaio zincato, posato con le opere edili. Tra la superficie esterna della tubazione, o quella della eventuale coibentazione, e la superficie interna del controtubo deve rimanere un'aria libera di almeno 5 mm. L'aria libera deve essere successivamente riempita con lana di roccia o altro materiale incombustibile. Il controtubo deve sporgere dal filo di pareti e solai di almeno 2 cm. Nel caso di più tubi affiancati, i controtubi devono essere fissati ad un supporto comune che permetta di garantire il mantenimento del passo fra le tubazioni. In corrispondenza di queste zone non devono essere realizzate giunzioni.
c) Le tubazioni costituenti circuiti di acqua calda di riscaldamento, acqua refrigerata, acqua di raffreddamento ed in genere circuiti chiusi, devono essere installate rispettando le opportune pendenze onde ottenere il naturale sfogo dell'aria verso l'alto. Nei punti alti della distribuzione occorre prevedere dispositivi di sfogo con barilotto e rubinetto a maschio.
d) Tutte le apparecchiature ed i macchinari (batterie di scambio, scambiatori di calore, serbatoi in genere, collettori, ecc.), nonché i punti bassi dei circuiti, devono essere collegati alla rete scarichi con tubazioni sifonate singolarmente ed intercettate con rubinetto a maschio od a sfera. Lo scarico deve essere visibile, realizzato attraverso imbuto e comodamente accessibile.
d) Nel montaggio delle tubazioni si deve tener conto dei giunti di dilatazione del fabbricato adottando, qualora non siano espressamente previsti, quegli accorgimenti atti a non far risentire alle tubazioni delle dilatazioni dell'edificio.
e) I cambiamenti di diametro, realizzati sempre con apposito raccordo, non devono mai essere realizzati contemporaneamente ad un cambiamento di direzione. Le derivazioni devono sempre essere realizzate con invito nel senso del flusso.
f) Le tubazioni devono essere posate con spaziature sufficienti per consentire lo smontaggio e l'agevole esecuzione dell'isolamento; devono essere opportunamente sostenute nei punti di connessione con pompe, batterie, valvole, ecc., affinché il peso non gravi in alcun modo sui raccordi di collegamento.
g) Il collegamento delle tubazioni alle varie apparecchiature quali pompe, scambiatori, serbatoi, ecc. deve sempre essere eseguito con flange o con bocchettoni in tre pezzi
h) A montaggio completato le reti di tubazioni devono essere pulite mediante soffiatura con aria compressa e mediante lavaggi e scarichi ripetuti.

**2.1.7 Sfiati, drenaggi e prese campioni**

Punti di sfiato e drenaggio muniti di valvole di intercettazione e sistemi di ritegno (solo i primi) dovranno essere previsti su tutte le apparecchiature non autosfiatanti e non autodrenanti; quando non sarà possibile l'installazione diretta, potranno essere posti sulle tubazioni collegate all'apparecchiatura in un tratto dove non vi sono interposte valvole o altri dispositivi di intercettazione.
Nei tratti orizzontali le tubazioni dovranno avere una adeguata pendenza verso i punti di spurgo.
Tutti i punti della rete di distribuzione dell'acqua che non possono sfogare l'aria direttamente nell'atmosfera, dovranno essere dotati di appositi barilotti, muniti in alto di valvola di sfogo dell'aria, intercettabile mediante

valvola a sfera riportata in basso con uno stacco che drena in apposito imbuto di raccolta.
Tutte le linee dovranno essere provviste di sfiati e drenaggi rispettivamente nei punti più alti e nei punti più bassi e dovranno essere del Ø 1/2" minimo.

**2.1.8 Coibentazione**
La coibentazione delle tubazioni calde e fredde dovrà essere realizzata secondo le indicazioni contenute nella relativa specifica tecnica.
Le tubazioni coibentate saranno supportate su scarpette in corrispondenza di ogni punto di appoggio; la lunghezza della scarpetta sarà tale da appoggiare completamente al supporto sia nella posizione contratta che estesa.

**2.1.9 Preparazione e opere di protezione**
Tutte le parti soggette a corrosione, compresi gli staffaggi, dovranno essere pulite prima dell'installazione, poi protette con vernici anticorrosive, quindi ripulite e ritoccate dopo la messa in opera e prima dell'eventuale rivestimento isolante, adottando le procedure, le attrezzature ed i materiali prescritti nella relativa specifica tecnica.

**2.1.10 Modalità di esecuzione**
Prima di essere posti in opera tutti i tubi dovranno essere accuratamente puliti e scovolati ed inoltre in fase di montaggio le loro estremità libere dovranno essere protette per evitare l'intromissione accidentale di materiali che potrebbero in seguito provocarne l'ostruzione.
Le tubazioni verranno installate in modo da uniformarsi ai vincoli strutturali ed architettonici del fabbricato e non dovranno interferire con le strutture, con le apparecchiature e con le altre opere esistenti.
Le tubazioni risulteranno ben diritte e parallele tra loro ed allineate con le altre distribuzioni impiantistiche eventualmente presenti, complete di tutti gli accessori di collegamento, derivazione e sostegno.

**2.1.11 Compensatori di dilatazione**
Tutte le tubazioni dovranno essere montate in maniera da permettere la libera dilatazione senza il pericolo che possano lesionarsi o danneggiare le strutture di ancoraggio prevedendo, nel caso, l'interposizione di idonei compensatori di dilatazione atti ad assorbirne le sollecitazioni meccaniche.
I compensatori di dilatazione per per i tubi di rame potranno essere del tipo assiale con soffietto metallico in acciaio inox e con le estremità dei raccordi del tipo a manicotto a saldare o flangiati.
I compensatori dovranno essere dimensionati per una pressione di esercizio non inferiore ad una volta e mezzo la pressione d'esercizio dell'impianto; non sarà in ogni caso ammesso l'impiego di compensatori con pressione di esercizio inferiore a PN 10.
Ogni compensatore dovrà essere compreso fra due punti fissi di ancoraggio della tubazione.

**2.1.12 Punti fissi**
La spinta agente sui punti fissi dovrà essere preventivamente calcolata e comunicata al responsabile delle opere edili che verificherà se il valore indicato è compatibile con la resistenza delle strutture di supporto.
I punti di sostegno intermedi fra i punti fissi dovranno permettere il libero scorrimento del tubo e nel caso di compensatori di dilatazione del tipo assiale le guide non dovranno permettere alla tubazione degli spostamenti disassati che potrebbero danneggiare i compensatori stessi.

**2.1.13 Giunti antivibranti**
Le tubazioni che sono collegate ad apparecchiature che possono trasmettere vibrazioni all'impianto, dovranno essere montate con l'interposizione di idonei giunti elastici antivibranti.
Tutti i raccordi antivibranti dovranno essere realizzati con materiali chimicamente compatibili con i fluidi termovettori e resistenti all'aggressione delle sostanze addittivanti contenute nei fluidi stessi.
Tutti i raccordi antivibranti dovranno essere dimensionati per una pressione di esercizio non inferiore ad una volta e mezzo la pressione di esercizio dell'impianto; non sarà in ogni caso ammesso l'impiego di giunti antivibranti con pressione di esercizio inferiore a PN 10.

**2.1.14 Targhette identificatrici e colori distintivi**
Tutte le tubazioni, dovranno essere contraddistinte da apposite targhette che indichino il circuito di appartenenza, la natura del fluido convogliato e la sua direzione di flusso.
La natura dei fluidi convogliati sarà convenzionalmente indicata mediante apposizione di fascette colorate dell'altezza di cinque centimetri, oppure mediante verniciatura con mano di smalto del colore distintivo. I colori distintivi saranno quelli indicati nella seguente tabella:
- Andata acqua riscaldamento: rosso vermiglio
- Ritorno acqua riscaldamento: blu

Il senso di flusso del fluido trasportato sarà indicato mediante una freccia situata in prossimità del colore distintivo di base.

**2.1.15 Passaggi e attraversamenti**
Qualora per il passaggio delle tubazioni fosse necessario eseguire fori attraverso strutture portanti, detti lavori potranno essere eseguiti soltanto dopo averne ricevuto autorizzazione scritta dal responsabile delle opere strutturali e comunque all'atto dell'attraversamento di strutture, o pareti tagliafuoco si dovranno sigillare le tubazioni con materiali di classe di resistenza adeguata a ripristinare la continuità primitiva.

***Art. 2.2 Tubazioni in polietilene preisolate***

**2.2.1 Impiego**
Le tubazioni in polietilene ad alta densità (PEad), preisolate, vengono utilizzate per convogliare l'acqua calda di riscaldamento, unicamente come tubazioni interrate.

**2.2.2 Materiali**
Le tubazioni PEad convoglianti acqua calda di riscaldamento devono essere in polietilene reticolato conforme alle norme DIN 16892/93 e Norme UNI EN ISO 15875,con barriera antidiffusione dell'ossigeno secondo la norma DIN 4726 con condizioni di esercizio di 6 bar a 95°C.
Resistenza al fuoco classe B2 secondo norma DIN 4102
Il rivestimento isolante deve essere in strati concentrici di polietilene reticolato espanso a cellule chiuse.
La finitura esterna di protezione deve essere in guaina corrugata di polietilene nero ad alta densità resistente alla posa interrata.

**2.2.3 Raccordi e pezzi speciali**
Raccordi e pezzi speciali devono essere tutti di tipo prefabbricato, a catalogo del costruttore del tubo.
Non sono ammessi pezzi speciali realizzati in sede di montaggio. Deve essere quindi disponibile nei diametri assoluti e relativi, l'intera gamma di: riduzioni centriche ed eccentriche, curve a 45° e 90° a raggio ampio e corto, curve ridotte, braghe a 45° semplici e doppie, ispezioni, mitrie, manicotti scorrevoli e di innesto, raccordi a vite, flange, muffole ecc.

**2.2.4 Giunzioni**
Le giunzioni sono realizzate con uno dei seguenti sistemi:
a) raccordi a stringere in ottone resistente alla dezincatura con guarnizioni o-ring lato polietilene e filettatura maschio lato connessione con altre tubazioni;
b) raccordi a stringere, di connessione intermedia in ottone, resistente alla dezincatura con guarnizioni o-ring su entrambi i lati di connessione. Le tubazioni, nei tratti interrati, devono comunque essere realizzate senza giunzioni, in pezzo unico.

**2.2.5 Sostegni e staffaggi**
Le tubazioni libere devono essere fissate alle superfici di appoggio attraverso sostegni in tre pezzi:
1) piastra quadrata portante manicotto diametro 1/2" e completa di quattro tasselli ad espansione o di zanche a murare,
2) tubo diametro 1/2" di collegamento,
3) braccialetto a due collari con manicotto diametro 1/2"; il tutto in acciaio zincato.
A seconda che lo staffaggio sia fisso o scorrevole tra il braccialetto ed il tubo viene interposta una coppella a mordere in acciaio o una guarnizione in plastica.

**2.2.6 Posa**
Nella costruzione delle condotte dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui al D.M. 12/12/1985 sulle "Norme tecniche relative alle tubazioni" ed alla relativa Circolare Min. LL PP 20/03/86, n. 27291.
Secondo le indicazioni di progetto e della D.L. si dovrà realizzare un sottofondo costituito, se non prescritto diversamente, da un letto di sabbia o sabbia stabilizzata con cemento, avendo cura di asportare dal fondo del cavo eventuali materiali inadatti quali fango o torba o altro materiale organico ed avendo cura di eliminare ogni asperità che possa danneggiare tubi o rivestimenti.
Lo spessore del sottofondo dovrà essere secondo le indicazioni progettuali, o in mancanza di queste pari ad almeno 10 cm di sabbia e, dopo aver verificato l'allineamento dei tubi ed effettuate le giunzioni, sarà seguito da un rinfianco sempre in sabbia su ambo i lati della tubazione.
In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni o altro genere di appoggi discontinui. Nel caso che il progetto preveda la posa su appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole, tra tubi ed appoggi dovrà essere interposto adeguato materiale per la formazione del

cuscinetto.
In presenza di falde acquifere, per garantire la stabilità della condotta, si dovrà realizzare un sistema drenante con sottofondo di ghiaia o pietrisco e sistema di allontanamento delle acque dal fondo dello scavo.
La posa delle tubazioni, giunti e pezzi speciali dovrà essere eseguita nel rigoroso rispetto delle istruzioni del fornitore per i rispettivi tipi di materiale adottato.
In caso di interruzione delle operazioni di posa, gli estremi della condotta posata dovranno essere accuratamente otturati per evitare che vi penetrino elementi estranei solidi o liquidi.
I tubi, le apparecchiature, i pezzi speciali dovranno essere calati nello scavo o nei cunicoli con cura evitando cadute od urti e dovranno essere discesi nei punti possibilmente più vicini a quelli della definitiva posa in opera, evitando spostamenti in senso longitudinale lungo lo scavo.
Si dovrà aver cura ed osservare tutti i necessari accorgimenti per evitare danneggiamenti alla condotta già posata.
Si dovranno adottare quindi le necessarie cautele durante le operazioni di lavoro e la sorveglianza nei periodi di interruzione delle stesse per impedire la caduta di materiali di qualsiasi natura e dimensioni che possano recare danno alle condotte ed apparecchiature.
I tubi che dovessero risultare danneggiati in modo tale che possa esserne compromessa la funzionalità dovranno essere scartati e, se già posati, sostituiti. Nel caso il danneggiamento abbia interessato soltanto l'eventuale rivestimento, si dovrà procedere al suo ripristino, anche totale, da valutare a giudizio della D.L. in relazione all'entità del danno.
Le condotte interrate dovranno essere realizzate in tubi interi. Sarà perciò vietato l'impiego di spezzoni di tubi.
I necessari pezzi speciali, le apparecchiature e simili, dovranno essere messi in opera con cura e precisione, nel rispetto degli allineamenti e dell'integrità delle parti più delicate. Eventuali flange dadi e bulloni dovranno rispondere alle norme UNI, essere perfettamente integri e puliti e protetti con grasso antiruggine.
Gli allineamenti di tutti i pezzi speciali e le apparecchiature rispetto alla condotta dovranno rispettare rigorosamente piani orizzontali o verticali a meno di diversa disposizione della D.L..
A montaggio completato le reti di tubazioni devono essere pulite mediante soffiatura con aria compressa e mediante lavaggi e scarichi ripetuti.

### *Art. 2.3. Tubazioni mul tistrato*

#### 2.3.1 Impiego
Le tubazioni multistrato vengono utilizzate per il convogliamento dello scarico relativo allo sfiato aria dei punti alti delle tubazioni.

#### 2.3.2 Materiali
Il tubo multistrato è composto da un tubo interno in polietilene reticolato, uno strato legante, uno strato intermedio in alluminio saldato di testa longitudinalmente, uno strato legante e uno strato di protezione in polietilene ad alta densità.

#### 2.3.3 Raccordi e pezzi speciali
Raccordi e pezzi speciali devono essere tutti di tipo prefabbricato, a catalogo del costruttore del tubo.
Non sono ammessi pezzi speciali realizzati in sede di montaggio. Deve essere quindi disponibile nei diametri assoluti e relativi, l'intera gamma di: gomiti flangiati, gomiti maschio e femmina, raccordi a T uguali e ridotti, giunti di collegamento, riduzioni, raccordi diritti filettati maschio o femmina, raccordi svitabili conici, ecc.

#### 2.3.4 Giunzioni
Le giunzioni sono effettuate pressando direttamente il tubo sul raccordo con le apposite attrezzature omologate del sistema.
Le istruzioni del fabbricante contenute nelle apposite schede tecniche, riguardo il montaggio e la posa in opera, devono essere scrupolosamente osservate

#### 2.3.5 Sostegni e staffaggi
Le tubazioni in vista devono essere sostenute mediante supporti a collare in acciaio zincato montati su tassello ad espansione.
Tra collare e tubo deve essere interposto nastro in materiale sintetico.
La distanza minima tra due sostegni consecutivi è in relazione al diametro del tubo sostenuto:

| | Distanza max tra i sostegni | |
|---|---|---|
| Diametro est. | *[m]* | |
| *[mm]* | tubazioni | tubazioni |

| | montanti | orizzontali |
|---|---|---|
| 16 | 1,5 | 1 |
| 22; 28 | 2 | 1,5 |
| 35; 42 | 3 | 2 |
| 54 | 3 | 2,5 |

In corrispondenza di qualsiasi tipo di diramazione devono essere previsti supporti appena prima ed appena dopo la medesima.

**2.3.6 Posa**

a) I tratti di tubazione posati nel sottofondo di pavimenti devono essere realizzati senza alcuna giunzione.
b) Negli attraversamenti di pareti e solai ciascun tubo deve essere contenuto in controtubo in acciaio zincato, posato con le opere edili. Tra la superficie esterna della tubazione, o quella della eventuale coibentazione, e la superficie interna del controtubo deve rimanere un'aria libera di almeno 5 mm. L'aria libera deve essere successivamente riempita con lana di roccia o altro materiale incombustibile. Il controtubo deve sporgere dal filo di pareti e solai di almeno 2 cm. Nel caso di più tubi affiancati, i controtubi devono essere fissati ad un supporto comune che permetta di garantire il mantenimento del passo fra le tubazioni. In corrispondenza di queste zone non devono essere realizzate giunzioni.
c) I punti bassi dei circuiti, devono essere collegati alla rete scarichi con tubazioni sifonate singolarmente ed intercettate con rubinetto a maschio od a sfera. Lo scarico deve essere visibile, realizzato attraverso imbuto e comodamente accessibile.
d) Nel montaggio delle tubazioni si deve tener conto dei giunti di dilatazione del fabbricato adottando, qualora non siano espressamente previsti, quegli accorgimenti atti a non far risentire alle tubazioni delle dilatazioni dell'edificio.
e) A montaggio completato le reti di tubazioni devono essere pulite mediante soffiatura con aria compressa e mediante lavaggi e scarichi ripetuti.

**2.3.7 Modalità di esecuzione**

Prima di essere posti in opera tutti i tubi dovranno essere accuratamente puliti e scovolati ed inoltre in fase di montaggio le loro estremità libere dovranno essere protette per evitare l'intromissione accidentale di materiali che potrebbero in seguito provocarne l'ostruzione.
Le tubazioni verranno installate in modo da uniformarsi ai vincoli strutturali ed architettonici del fabbricato e non dovranno interferire con le strutture, con le apparecchiature e con le altre opere esistenti.
Le tubazioni risulteranno ben diritte e parallele tra loro ed allineate con le altre distribuzioni impiantistiche eventualmente presenti, complete di tutti gli accessori di collegamento, derivazione e sostegno.

**2.3.8 Passaggi e attraversamenti**

Qualora per il passaggio delle tubazioni fosse necessario eseguire fori attraverso strutture portanti, detti lavori potranno essere eseguiti soltanto dopo averne ricevuto autorizzazione scritta dal responsabile delle opere strutturali e comunque all'atto dell'attraversamento di strutture, o pareti tagliafuoco si dovranno sigillare le tubazioni con materiali di classe di resistenza adeguata a ripristinare la continuità primitiva.

***Art. 2.4. Valvolame per acqua di riscaldamento***

Il valvolame ha in generale le seguenti caratteristiche: pressione massima ammissibile = 16 bar
temperatura di esercizio = 100°C
guarnizioni di tenuta in PTFE

**2.4.1 Valvole a sfera**

Le valvole a sfera poste su tubazioni di acqua calda di riscaldamento, acqua refrigerata, ecc., dal diametro 3/8" al diametro 2 1/2" sono del tipo monoblocco a passaggio pieno, attacchi a manicotto, PN 16; corpo e sfera in ottone, guarnizioni in teflon, leva in lega di alluminio.
Le valvole a sfera dal diametro DN 80 al DN100 sono del tipo monoblocco, a passaggio pieno, attacchi a flangia, PN 16; corpo e sfera in ottone, guarnizioni in teflon, leva in lega di alluminio. Si intendono sempre complete di controflange a collarino secondo UNI 2282-67 PN 16 con gradino di tenuta UNI 229-67, bulloni e guarnizioni.

**2.4.2 Valvole di ritegno**

Le valvole a sfera poste su tubazioni di acqua calda di riscaldamento, acqua refrigerata, ecc., dal diametro 3/8" al diametro 2 1/2" sono del tipo con otturatore a molla, attacchi a manicotto, PN 16; corpo e sfera in ottone, conforme alla norma EN 12165-CW617N-M.

**2.4.3 Valvole di taratura e bilanciamento**
Le valvole di taratura poste su tubazioni di acqua calda di riscaldamento, acqua refrigerata, ecc., devono poter permettere quattro operazioni:
1.0 bilanciamento della portata;
2.0 intercettazione del circuito;
3.0 scarico del circuito intercettato;
4.0 misura della portata.
Sono del tipo a flusso libero con otturatore a profilo adatto per regolazione progressiva, dispositivo di preregolazione non manomettibile e scala graduata di indicazione del valore di preregolazione; sono sempre corredate di rubinetto di scarico con tappo e di due attacchi piezometrici.
Le valvole fino al diametro nominale 1 1/2" sono PN 16 con attacchi a manicotto; hanno corpo in lega antidezincificazione e anello di tenuta in materiale resistente al glicole.

***Art. 2.5. Accessori per tubazioni acqua calda***

**2.5.1 Termometri**
I termometri sono del tipo ad espansione di mercurio, quadrante diametro 80 mm, cassa a tenuta stagna in acciaio inox AISI 304, anello di tenuta anteriore in acciaio inox, molle termometriche in acciaio al cromo molibdeno, completi di vite micrometrica di taratura e di guaina sfilabile filettata diametro 1/2" (pozzetto).
La temperatura misurata dal termometro deve essere riportata su scala graduata in °C, con fondo sc ala non superiore a 140°C
La differenza tra la lettura del termometro e quella dello strumento di controllo non può oltrepassare 2°C
Il termometro atto a misurare la temperatura dell'acqua deve essere posto nelle immediate vicinanze del tubo di uscita dell'acqua dal generatore ed a monte di eventuali organi di intercettazione e di ogni altra accidentalità.
La graduazione della scala (in°C) deve essere:
0 / 120 per acqua calda di riscaldamento;
-10 / 40 per acqua refrigerata;
Tolleranza 0,5°C. I termometri, installati in tutte le posizioni indicate sui disegni di progetto ed, in ogni caso, sull'entrata e sull'uscita del fluido di ciascun utilizzatore, devono essere omologati I.S.P.E.S.L..

**2.5.2 Manometri**
I manometri sono del tipo Bourdon, quadrante diametro 80 mm, perno radiale in ottone, cassa in alluminio a tenuta di polvere e spruzzi, anello di tenuta in alluminio o acciaio inox, elemento manometrico tubolare in lega di rame con saldature a stagno, movimento di precisione a orologeria di tipo rinforzato in ottone. Precisione classe III UNI.
Sono sempre completi di serpentino in rame.
Il fondo scala deve essere compreso tra 1,25 e 2 volte la pressione massima di esercizio dell'impianto.
I manometri installati in corrispondenza di pompe o comunque su tutti i circuiti dove si verificano vibrazioni, colpi di ariete, ecc., devono essere a riempimento di glicerina.
I manometri, installati in tutte le posizioni indicate sui disegni di progetto, devono essere omologati I.S.P.E.S.L..

**2.5.3 Giunti antivibranti**
I giunti antivibranti devono essere adatti per interrompere la trasmissione di rumori e per assorbire vibrazioni. Sono del tipo con corpo in gomma EPDM, cilindrico, contenuto tra flange o bocchettoni in acciaio PN 16 con gradino di tenuta. Si intendono sempre completi di bocchettoni o controflange, bulloni e guarnizioni.

**2.5.4 Compensatori di dilatazioni**
I compensatori di dilatazione per per i tubi di rame, devono essere del tipo assiale con soffietto metallico in acciaio inox e con le estremità dei raccordi del tipo a manicotto a saldare o filettati.
I compensatori dovranno essere dimensionati per una pressione di esercizio non inferiore ad una volta e mezzo la pressione d'esercizio dell'impianto; non sarà in ogni caso ammesso l'impiego di compensatori con pressione di esercizio inferiore a PN 10.

**2.5.5 Scaricatori d'aria a barilotto**
Gli scaricatori, atti a permettere lo sfogo aria per i punti alti delle dorsali degli impianti di riscaldamento devono essere caratterizzati da grande capacità di scarico.
Il corpo a barilotto sarà in ottone così come il coperchio mentre i componenti interni in acciaio inox.
Saranno dotati altresì di raccordo filettato per convogliamento dello scarico.
Pmax di esercizio: 16 bar
Pmax di scarico: 6 bar

Campo di temperatura -20°C + 120°C

**2.5.6 Scaricatori d'aria a galleggiante**

Gli scaricatori d'aria a galleggiante vengono utilizzati per l'eliminazione dell'aria nelle reti di distribuzione acqua calda di riscaldamento, acqua refrigerata, ecc.
Il loro funzionamento è determinato dallo spostamento di un galleggiante interno che, a seconda della posizione assunta nel barilotto, consente l'apertura o la chiusura di una valvola di sfogo posta alla sommità dello scaricatore.
Gli scaricatori hanno corpo e coperchio, assemblati mediante brasatura, in ottone stampato, guarnizioni in gomma nitrilica, galleggiante in propilene, valvola di sfogo aria in ottone (con meccanismo di apertura in acciaio al Cr -Ni 17/7), guarnizione di tenuta in gomma al silicone.
L'attacco è filettato (3/8, 3/4, 1 ").

**2.5.7 Rubinetti di scarico**

I rubinetti di scarico vengono utilizzati per lo scarico del fluido termovettore nelle reti di distribuzione acqua calda di riscaldamento, acqua refrigerata, ecc.
Vengono installati nei punti più bassi dell'impianto ed in corrispondenza delle apparecchiature principali e soggette a manutenzione per consentirne lo svuotamento.
Sono realizzati con corpo in ottone con movimento a sfera, leva di azionamento in alluminio e dotati di apertura di scarico filettata e coperchio di chiusura con catenella.
Attacco filettato Ø 1/2"

***Art. 2.6. Generatore di calore***

**2.6.1 Generatore di calore a pompa di calore**

Il generatore di calore deve essere del tipo a pompa di calore aria/acqua reversibile da esterno in versione alta efficienza e silenziata.
Versione caratterizzata dalla capacità di produrre acqua fino a 65°C.
I componenti principali del circuito frigo devono essere i seguenti:
- 4 compressori scroll,
- 2 circuiti frigoriferi
- 4 ventilatori assiali a basso profilo di rumore
- scambiatore a batteria lato ambiente esterno
- scambiatore a piastre lato acqua impianto
- refrigerante ecologico R410A.
- dispositivo DCPX per la regolazione della velocità

Dovrà essere dotato di serie, internamente, dei seguenti componenti idronici:
- flussostato di circolazione
- filtro acqua ispezionabile
- serbatoio di accumulo coibentato a norma di legge da 500 lt
- pompa di circolazione

L'apparecchiatura deve essere completa di accessori di comando e controllo e di regolazione elettronica a microprocessore. Deve inoltre essere dotata di tutti gli accessori necessari per il funzionamento, organi di sicurezza e supporti anti-vibranti dedicati da montare sotto il basamento dell'unità.
Il generatore deve rispettare i dati tecnici della seguente tabella, certificati secondo UNI EN 14511:2013:

| | | |
|---|---|---|
| Potenza resa | kW | 156,73 |
| Potenza assorbita | kW | 43,92 |
| Corrente assorbita | A | 85,32 |
| C.O.P. | W/W | 3,57 |
| | | |
| Temperatura dell'aria esterna a bulbo secco | °C | 7,00 |
| | | |
| Temperatura dell'acqua in ingresso | °C | 35,32 |
| Salto termico | °C | 9,68 |
| Temperatura dell'acqua in uscita | °C | 45,00 |
| | | |
| Glicole propilenico | % | 32 |
| | | |
| Portata acqua | l/h | 14.870 |
| Prevalenza utile all'impianto | kPa | 197,34 |

***Art. 2.7. Apparecchi di riscaldamento terminali***

**2.7.1 Unita' termoventilanti da 4.100 mc/h nominali**

La presente specifica tecnica si applica alle unità termoventilanti di trattamento aria per il servizio in impianti di riscaldamento

Unità termoventilante predisposta per installazione verticale.

*Struttura e pannellatura*

La struttura è in profilati di alluminio con tamponamento di pannellatura sandwich realizzata in acciaio zincato interno e acciaio zincato preverniciato RAL 9002 esterno con isolamento in poliuretano (densità 40 kg/m³) con spessore 25 mm.

Sia i pannelli dell'unità base che pannelli dei plenum sono dotati di pretranciature che permettono di renderli compatibili con l'inserimento degli accessori.

Il fissaggio della pannellatura tramite profilo blocca pannello, assicura una perfetta tenuta tra pannello e telaio e una estrema facilità di montaggio smontaggio dei pannelli.

Il giunto d'angolo a 3 vie è realizzato in nylon caricato con fibre di vetro.

La bacinella di raccolta condensa, in acciaio zincato, è provvista di raccordo di scarico filettato su entrambi i lati ed è adatta sia per installazione orizzontale che verticale dell'unità.

*Ventilatori*

I ventilatori sono del tipo centrifugo doppia aspirazione e pale rivolte in avanti ad elevate prestazioni.

*Motori*

I motori elettrici installati sono del tipo asincrono trifase, con costruzione chiusa e ventilazione esterna, rotore a gabbia, configurazione B3 ad albero orizzontale, conformi alle norme IEC, CEI, UNEL (grado di protezione IP55), a singola velocità (4 poli).

*Trasmissioni*

Le pulegge sono a diametro variabile per una migliore taratura del ventilatore all'impianto. Le cinghie di trasmissione possono essere del tipo SPA o SPB. Le pulegge sono fornite con calettatore conico tipo "Taperlock" e sono bilanciate staticamente e dinamicamente.

*Batterie di scambio termico ad acqua*

In tubo di rame a 6 ranghi ed alettatura in alluminio bloccata mediante espansione meccanica dei tubi;

*Filtri*

La filtrazione dell'aria è affidata a filtri sintetici spessore 50 mm con efficienza classe G4 (secondo norma EN 779) posizionati in aspirazione.

I filtri sono facilmente estraibili per poter effettuare la manutenzione e la pulizia degli stessi; sono alloggiati su guide presenti nella sezione batteria principale. L'estrazione dei filtri avviene sfilandoli lateralmente attraverso lo sportellino previsto sul pannello lato attacchi.

La macchina dovrà essere completa di supporti antivibranti in materiale sintetico e accessori per il montaggio e funzionamento.

L'unità termoventilante deve rispettare i dati tecnici di seguito riportati:

| | | |
|---|---|---|
| Portata aria | m³/h | 4.100 |
| Prevalenza statica utile | Pa | 235 |
| | | |
| Potenza resa | kW | 34,2 |
| Temperatura dell'acqua in ingresso | °C | 45,00 |
| Salto termico | °C | 10,00 |
| Temperatura dell'acqua in uscita | °C | 35,00 |
| Temperatura ambiente | °C | 10,00 |
| | | |
| | | |
| Glicole propilenico | % | 32 |
| | | |
| Portata acqua | l/h | 2.940 |
| Perdita di carico batteria calda | kPa | 392,03 |
| | | |
| Alimentazione elettrica | V/nf/Hz | 400/3/50 |
| Potenza elettrica motore ventilatore | kW | 1,1 |
| Numero di poli | n° | 4 |

Potenza sonora ventilatore alla bocca (dB)

| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Lw tot [dB] | Lp tot * [dB] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 78 | 72 | 73 | 75 | 71 | 67 | 66 | 57 | 82 | 54 |

alla minima prevalenza, alla portata nominale
*Pressione sonora alla distanza d = 10 m, Q = 2

**2.7.2 Unita' termoventilanti da 7.350 mc/h nominali**

La presente specifica tecnica si applica alle unità termoventilanti di trattamento aria per il servizio in impianti di riscaldamento
Unità termoventilante predisposta per installazione verticale.

*Struttura e pannellatura*

La struttura è in profilati di alluminio con tamponamento di pannellatura sandwich realizzata in acciaio zincato interno e acciaio zincato preverniciato RAL 9002 esterno con isolamento in poliuretano (densità 40 kg/m³) con spessore 25 mm.
Sia i pannelli dell'unità base che pannelli dei plenum sono dotati di pretranciature che permettono di renderli compatibili con l'inserimento degli accessori.
Il fissaggio della pannellatura tramite profilo blocca pannello, assicura una perfetta tenuta tra pannello e telaio e una estrema facilità di montaggio smontaggio dei pannelli.
Il giunto d'angolo a 3 vie è realizzato in nylon caricato con fibre di vetro.
La bacinella di raccolta condensa, in acciaio zincato, è provvista di raccordo di scarico filettato su entrambi i lati ed è adatta sia per installazione orizzontale che verticale dell'unità.

*Ventilatori*

I ventilatori sono del tipo centrifugo doppia aspirazione e pale rivolte in avanti ad elevate prestazioni.

*Motori*

I motori elettrici installati sono del tipo asincrono trifase, con costruzione chiusa e ventilazione esterna, rotore a gabbia, configurazione B3 ad albero orizzontale, conformi alle norme IEC, CEI, UNEL (grado di protezione IP55), a singola velocità (4 poli).

*Trasmissioni*

Le pulegge sono a diametro variabile per una migliore taratura del ventilatore all'impianto. Le cinghie di trasmissione possono essere del tipo SPA o SPB. Le pulegge sono fornite con calettatore conico tipo "Taperlock" e sono bilanciate staticamente e dinamicamente.

*Batterie di scambio termico ad acqua*

In tubo di rame a 6 ranghi ed alettatura in alluminio bloccata mediante espansione meccanica dei tubi;

*Filtri*

La filtrazione dell'aria è affidata a filtri sintetici spessore 50 mm con efficienza classe G4 (secondo norma EN 779) posizionati in aspirazione.
I filtri sono facilmente estraibili per poter effettuare la manutenzione e la pulizia degli stessi; sono alloggiati su guide presenti nella sezione batteria principale. L'estrazione dei filtri avviene sfilandoli lateralmente attraverso lo sportellino previsto sul pannello lato attacchi.
La macchina dovrà essere completa di supporti antivibranti in materiale sintetico e accessori per il montaggio e funzionamento.
L'unità termoventilante deve rispettare i dati tecnici di seguito riportati:

| | | |
|---|---|---|
| Portata aria | m³/h | 7.450 |
| Prevalenza statica utile | Pa | 226 |
| | | |
| Potenza resa | kW | 62,2 |
| Temperatura dell'acqua in ingresso | °C | 45,00 |
| Salto termico | °C | 10,00 |
| Temperatura dell'acqua in uscita | °C | 35,00 |
| Temperatura ambiente | °C | 10,00 |
| | | |
| | | |
| Glicole propilenico | % | 32 |
| | | |
| Portata acqua | l/h | 5.350 |
| Perdita di carico batteria calda | kPa | 493,67 |
| | | |
| Alimentazione elettrica | V/nf/Hz | 400/3/50 |
| Potenza elettrica motore ventilatore | kW | 2,2 |
| Numero di poli | n° | 4 |

Potenza sonora ventilatore alla bocca (dB)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Lw tot | Lp tot * |

| | | | | | | | | [dB] | [dB] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 78 | 74 | 76 | 81 | 76 | 73 | 72 | 64 | 85 | 57 |

alla minima prevalenza, alla portata nominale
*Pressione sonora alla distanza d = 10 m, Q = 2

***Art. 2..8. Canalizzazioni metalliche per mandata ed estrazione aria***

La presente specifica tecnica si applica alla costruzione ed alla messa in opera di canalizzazioni in lamiera di acciaio zincata da impiegarsi in impianti di riscaldamento e ventilazione, per la distribuzione dell'aria, in ogni caso si farà riferimento alla norma UNI 10381-1.
E' fatto assoluto obbligo di utilizzare canalizzazioni con stacchi dinamici ed ampi raggi di curvatura.
E' fatto divieto utilizzare stacchi a 90°.

### 2.8.1 Materiali

Le canalizzazioni, i condotti di contenimento di batterie, filtri e ventilatori, le serrande di taratura, le prese di aria esterna o di esplusione, dovranno essere costruite in lamiera di acciaio con zincatura su entrambi i lati, della consistenza totale di 215 g/mq di lamiera, applicata secondo il metodo Sendzimir.
Per dimensioni, tolleranze, qualità, prescrizioni e prove delle lamiere si dovrà fare riferimento alle Norme UNI.

### 2.8.2 Canalizzazioni a sezione quadrangolare a bassa velocità e pressione

Gli spessori da impiegare per le lamiere zincate saranno i seguenti:

| CANALIZZAZIONI QUADRANGOLARI | SPESSORE LAMIERA |
|---|---|
| *dimensioni del lato maggiore ( mm )* | *Decimi di mm* |
| Fino a 300 | 6/10 |
| Oltre 300 e fino 600 | 8/10 |
| Oltre 600 e fino 1.000 | 10/10 |
| Oltre 1.000 | 12/10 |

La realizzazione verrà eseguita mediante la piegatura delle lamiere e la graffatura longitudinale dei bordi eseguita a macchina (tipo PITTSBURGH); non saranno pertanto ammessi canali giuntati longitudinalmente con sovrapposizione dei bordi e rivettatura.
I canali il cui lato maggiore superi 400 mm. dovranno essere irrigiditi mediante nervature trasversali, intervallate con passo compreso fra 150 e 250 mm., oppure con croci di S.Andrea; per i canali con lato maggiore superiore agli 800 mm. l'irrigidimento dovrà essere eseguito esclusivamente mediante nervature trasversali.
I vari tronchi di canale saranno giuntati fra di loro mediante flange realizzate con angolari di acciaio zincati fissati al canale mediante rivettatura; le giunzioni dovranno essere sigillate oppure munite di idonee guarnizioni per evitare perdite di aria lungo il percorso.
Nel caso di giunzioni flangiate si dovrà provvedere all'inserzione tra le flange di guarnizioni in neoprene o materiale plastico, fissate alle flange stesse mediante mastice adeguato.
Tutti i pezzi speciali, quali curve, diramazioni etc.., dovranno essere costruiti con deflettori interni e dovranno essere di tipo dinamico. Non sono ammessi altri tipi di pezzi speciali.

### 2.8.3 Canalizzazioni a sezione circolare a bassa velocità e pressione

Gli spessori da impiegare per le lamiere zincate saranno i seguenti:

| CANALIZZAZIONI CIRCOLARI | SPESSORE LAMIERA |
|---|---|
| diametro ( mm ) | Decimi di mm |
| Fino a 80 | 4/10 |
| Oltre 80 e fino 250 | 6/10 |
| Oltre 250 e fino 500 | 8/10 |
| Oltre 500 e fino a 900 | 10/10 |

I tratti diritti verranno realizzati con lamiere in nastro giuntate con graffatura spiroidale; per i pezzi speciali, ove non sia possibile eseguire la graffatura spiroidale, potranno essere impiegate mediante graffatura longitudinale, eseguita a macchina.
I vari tronchi di canale verranno giuntati fra di loro mediante collari interni in lamiera zincata, avvitati sui canali stessi fino al diametro di 800 mm, oltre tale diametro le giunzioni saranno effettuate mediante flange.
Tutti i pezzi speciali dovranno essere di tipo prefabbricato, in modo che le perdite di carico siano le minori possibili.

### 2.8.4 Prove e collaudi

I materiali, le caratteristiche dimensionali, lo spessore delle lamiere, i rinforzi intermedi di ogni prodotto, dovranno rispettare i valori e le prescrizioni della presente specifica tecnica.

Il collaudo potrà interessare più sezioni dello stesso canale o di canali diversi di qualsiasi dimensione; le metodologie di prova e gli interventi necessari per una corretta esecuzione del collaudo sono descritti nei paragrafi che seguono.

### 2.8.5 Tenuta delle canalizzazioni
La perdita totale di aria in qualunque tratto di canale non dovrà superare l'1% (uno per cento) della portata di progetto ad una pressione pari ad 1.25 volte quella di esercizio.

### 2.8.6 Rigidezza e resistenza dei giunti
Tutti i giunti in generale dovranno essere in grado di resistere ad una pressione di 1,5 volte la massima pressione di esercizio senza fessurazioni o cedimenti.
Ove un giunto trasversale agisca come rinforzo la sua freccia massima ammissibile è di 6,5 mm alla massima pressione di esercizio.

### 2.8.7 Criteri di installazione
Le canalizzazioni dovranno essere eseguite ed installate complete di tutti gli accessori necessari per collegare tra loro le varie apparecchiature di trattamento dell'aria, le prese dell'aria esterna, gli eventuali cassoni di contenimento, i pezzi speciali di raccordo ai diffusori ed alle bocchette di mandata e di ripresa, nonché tutti i collegamenti flessibili tra le aspirazioni e la mandata dei ventilatori e dei canali.
I cambiamenti di direzione verranno eseguiti mediante curve ad ampio raggio, di tipo dinamico, con deflettori interni.
Per i canali a sezione quadrangolare, il raggio di curvatura non sarà mai inferiore a 150 mm.
Per le canalizzazioni a sezione circolare, i cambiamenti di direzione verranno eseguiti con curve ad ampio raggio, con rapporto non inferiore ad 1,5 fra raggio di curvatura e diametro del canale.
Nei cambiamenti di sezione e/o di forma e nelle derivazioni, i tronchi di differenti caratteristiche dovranno essere raccordati fra di loro mediante adatti pezzi speciali di raccordo.
Il raccordo delle batterie per il trattamento localizzato dell'aria, ai tronchi di canale avranno un angolo di divergenza non superiore a 30° all'ingresso, e un angolo di convergenza non superiore a 45° all'uscita.

### 2.8.8 Pulizia
Prima di essere posti in opera i canali dovranno essere puliti internamente e durante la fase di montaggio dovrà essere posta attenzione al fine di evitare l'intromissione di corpi estranei che potrebbero portare a malfunzionamenti o a rumorosità durante l'esercizio dell'impianto stesso.

### 2.8.9 Verniciatura e protezione finale
Tutte le parti metalliche non zincate quali supporti, staffe, flange, dovranno essere pulite mediante spazzola metallica e successivamente protette con verniciatura antiruggine, eseguita con due mani di vernice di differente colore.
Le canalizzazioni in lamiera zincata, correnti all'interno degli edifici non saranno di regola verniciate.
Le canalizzazioni correnti all'esterno dei fabbricati o in cunicolo andranno invece protette con una mano di vernice bituminosa tipo Flin-Kote e velo di fibra di vetro.

### 2.8.10 Attraversamenti
Le canalizzazioni che attraversino murature, dovranno essere fasciate con velo di vetro e spalmate con bitume a freddo tipo Flin-Kote.
Nell'attraversamento dei solai e delle pareti i fori di passaggio entro le strutture dovranno essere chiusi con guarnizioni di tenuta in materiale fibroso o spugnoso.
Qualora per il passaggio delle canalizzazioni fosse necessario eseguire fori attraverso le strutture portanti del fabbricato, detti lavori potranno essere eseguiti soltanto dopo aver ricevuto l'approvazione scritta del responsabile delle opere strutturali.

### 2.8.11 Raccordi antivibranti
Nell'attacco ai gruppi di ventilazione, sia in mandata che in aspirazione, i canali dovranno essere collegati con l'interposizione di idonei raccordi elastici antivibranti del tipo a soffietto flessibile.
Il soffietto dovrà essere eseguito in tessuto ininfiammabile e tale da resistere sia alla pressione che alla temperatura dell'aria convogliata; gli attacchi saranno del tipo a flangia.

***Art. 2.9. Terminali di immissione ed estrazione dell'aria***

I terminali di immissione e di estrazione dell'aria in ambiente dovranno essere posizionati in maniera che, a livello delle persone, il movimento dell'aria non dia luogo a formazione di correnti moleste tenendo presente il caso che nei locali soggiornino persone normalmente sedute o normalmente in movimento.

**2.9.1 Supporti e staffaggi**

I supporti per il sostegno delle canalizzazioni saranno intervallati, in funzione delle dimensioni dei canali, in maniera da evitare l'inflessione degli stessi.
Per i canali a sezione rettangolare i supporti saranno costituiti da staffe formate da un angolare di sostegno, in profilato di ferro a C, sostenute da tiranti regolabili alle strutture del soffitto.
Per i canali a sezione circolare le staffe saranno del tipo a collare, in due pezzi smontabili ed anche esse sostenute da tiranti regolabili, ancorati alle strutture del soffitto.
Fra le staffe ed i canali dovrà essere interposto uno strato di neoprene in funzione di antivibrante.
Le canalizzazioni nelle vicinanze dei punti di attacco dovranno essere sostenute mediante supporti rigidi.
Qualunque sia il tipo di sospensione o sostegno scelto, esso deve essere di tipo metallico, zincato per immersione a caldo, zincato a freddo, o protetto con altri trattamenti anticorrosivi. Tutti i sostegni, per svolgere al meglio la loro funzione, debbono rispettare le seguenti prescrizioni:

a. essere posizionati ad angolo retto rispetto all'asse della condotta che devono sostenere;
b. gli ancoraggi realizzati con la reggetta metallica devono interessare tutta la condotta e non solo una parte ; in altre parole essi devono essere installati in coppia e posizionati uno opposto all'altro;
c. installare sempre al centro di ogni curva uno o più sostegni;
d. ad ogni cambio di direzione maggiore di 20° in senso orizzontale, occorre sostenere le condotte con uno o più agganci supplementari localizzati simmetricamente al centro della deviazione, al fine di evitare il sovraccarico di quelli ordinari;
e. terminali di condotta e derivazioni da essa vanno sempre sostenute con agganci supplementari;
f. i montanti verticali delle condotte attraversanti locali con altezza maggiore di 4,5 m devono essere sostenuti con staffaggi intermedi, oltre a quelli realizzati in prossimità dei solai di attraversamento ai piani;
g. la spaziatura degli staffaggi per condotte rettilinee deve essere in rapporto alla sezione delle condotte in accordo con i valori riportati di seguito:
   - condotte con sezione di area sino a 0,5 mq interasse staffaggi m ≤ 3,0 m
   - condotte con sezione di area oltre 0,5 mq sino a 1 mq interasse staffaggi m ≤ 1,5 m
h. occorre sorreggere con supporti alternativi tutti gli apparecchi complementari allacciati alla condotta (silenziatori, umidificatori, batterie di post-riscaldo o altro) ;
i. è consigliabile, per limitare le vibrazioni e le rumorosità, separare sempre le condotte dai sostegni con strati di materiale elastico.

***Art. 2.10. Condotti flessibili***

I condotti flessibili isolati termoacusticamente saranno impiegati per il collegamento di terminali di diffusione con le canalizzazioni metalliche di distribuzione, nei soli casi in cui non sia possibile il collegamento con canale rigido.
I condotti flessibili dovranno avere elevate caratteristiche di isolamento termoacustico, formare un'efficace batteria al vapore, essere inodori ed imputrescibili.
I condotti saranno essenzialmente costituiti da un tubo interno realizzato con uno strato di tessuto grigliato in fibre di vetro, rivestito in PVC ed armato con una spirale di acciaio armonico; esternamente al tubo sarà previsto un materassino in lana di vetro dello spessore di 40 mm, avvolto da una pellicola in PVC con funzione di barriera al vapore.
I condotti dovranno presentare le seguenti caratteristiche tecniche:
- temperatura minima di esercizio: - 20°C
- temperatura massima di esercizio: 85°C
- pressione minima di esercizio: - 150 Pa
- pressione massima di esercizio: +1000 Pa
- conduttività termica massima: 0,9 W/mq °C

***Art. 2.11. Rivestimenti delle canalizzaztoni***

Tutte le canalizzazioni di mandata e di ripresa dell'aria correnti in zone non riscaldate, dovranno essere coibentate esternamente mediante applicazione per incollaggio di pannelli di polietilene reticolato chimicamente ed espanso a cellule chiuse, dello spessore previsto dalla tabella di cui all'allegato B del DPR 412 del 2618/1993.

L'applicazione del materiale isolante dovrà essere particolarmente accurata in modo da garantire continuità di aderenza alle pareti dei canali e senza soluzione di continuità nel loro intero sviluppo.
Pertanto le canalizzazioni dovranno essere opportunamente pulite e sgrassate prima della applicazione del collante che dovrà essere idoneo con il materiale isolante impiegato. E' esclusa la possibilità di applicare materiali isolanti preadesivizzati.
Nel caso si utilizzino delle lastre, queste dovranno essere tagliate a misura ed interrotte in corrispondenza degli spigoli delle flange e delle discontinuità con l'aggiunta di una striscia che si sovrapponga e che sia incollata alle due parti. In corrispondenza delle flange, per esempio, alle due interruzioni si sovrapporrà una striscia di lastra isolante che assicuri la continuità della coibentazione.

**2.11.1 Materiali**
La coibentazione dovrà essere eseguita esternamente alla canalizzazione e potranno essere impiegati i seguenti tipi di materiale dopo avere verificato la rispondenza alle richieste degli organi di igiene ambientale dell U.S.L. (igiene pubblica e igiene del lavoro):
Materiale isolante flessibile in polietilene reticolato chimicamente ed espanso a cellule chiuse realizzato in forma di lastre con le seguenti caratteristiche secondo UNI 7745 - ASTM C 177:
- conduttività termica 0,0372 W/mK a +40°C
- fattore di resistenza alla diffusione del vapore > 2.000
- campo di impiego: -40 : +100 °C

**2.11.2 Rivestimenti esterni**
In caso di inderogabile necessità tecnica in cui occorresse prevedere canali correnti all'esterno dei fabbricati la finitura andrà completata mediante fasciatura con velo di fibra di vetro e spalmatura con flint-kote, e rivestimento finale di lamierino di alluminio dello spessore di 8/10 fissato con viti autofilettanti zincate, sigillato con appositi mastici. In ogni caso dovrà comunque essere garantita in modo assoluto l'impermeabilità agli agenti atmosferici esterni.
All'interno del fabbricato le canalizzazioni saranno rivestite con lamierino di alluminio dello spessore minimo di 6/10 o con lamiera zincata con aggraffatura spiroidale. Le canalizzazioni correnti nell'interrato saranno rivestite con lamiera zincata preverniciata con aggraffatura spiroidale.

***Art. 2.12. Teminali ed accessori canalizzazioni***
Le griglie, le bocchette ed i diffusori di mandata, ripresa, transito, aria esterna, espulsione ed in generale tutti gli accessori per le canalizzazioni di distribuzione dell'aria, dovranno avere le caratteristiche sottoriportate e saranno installate nelle posizioni, comunque idonee ad ottenere una perfetta distribuzione dell'aria.

**2.12.1 Condizioni di progetto**
La velocità dell'aria nella zona occupata dalle persone, non dovrà risultare superiore a 0.2 m/sec a livello uomo (1.8 m da terra); pertanto sarà opportuno che il lancio e la velocità di uscita dai terminali non eccedano i limiti più sotto riportati.
La velocità dell'aria in uscita dalle bocchette di mandata non dovrà superare i 2 - 3 m/sec per le bocchette poste in prossimità delle persone e 4 - 5 m/sec per quelle poste in zone più remote.
Per le griglie di ripresa non dovranno essere superati valori intorno a 1 - 2 m/sec.
Comunque la scelta dei materiali ed i criteri costruttivi e di installazione adottati, saranno tali da assicurare in ogni ambiente, riscaldato e/o ventilato, durante il funzionamento degli impianti e nelle proprie normali condizioni di attività, la massima silenziosità possibile. Queste condizioni dovranno essere verificate in più punti dell'ambiente (distribuiti in particolare nelle zone ove sono normalmente presenti le persone) in normali condizioni di abitabilità e di attività dell'ambiente stesso.

**2.12.2 Diffusori**
Tutti i diffusori di mandata saranno del tipo a lancio lineare del tipo a doppio ordine di alette

**2.12.3 Bocchette di ripresa**
Le bocchette di ripresa saranno del tipo a singolo ordine di alette orizzontali inclinate a 45°

***Art. 2.13. Coibentazione delle tubazioni***
Tutte le tubazioni percorse o contenenti fluidi con temperatura maggiore di 30°C devono essere coibentate termicamente.
Le tubazioni devono essere coibentate singolarmente.
La posa delle coibentazioni può avere inizio solo dopo l'esito positivo della prova di circolazione fluidi.
La verifica dell'isolamento in opera sarà eseguita come segue:
effettuazione, secondo UNI 6267:1968, della misura dello spessore e rilevamento del valore secondo due

diametri ortogonali, sottraendo dalla media di tale misura lo spessore dell'eventuale rivestimento protettivo. In nessun punto lo spessore in tal modo determinato dovrà risultare minore di quello minimo di progetto, per il diametro e la temperatura di esercizio previsti.
I valori minimi di isolamento da porre in opera per le tubazioni e gli impianti di riscaldamento, raffrescamento e distribuzione di acqua per usi igienico-sanitario, sono riportati nella tabella sottostante in accordo con le prescrizioni di legge vigenti ( Legge n. 10/91, art. 4 comma 4 e successivo DPR n. 412 attuativo, allegato B). I valori si riferiscono sia ai manufatti da installare sugli impianti sia a materiali formati in situ, sia a tubazioni preisolate.

| Conduttività termica | | Diametro esterno della tubazione | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| utile dell'isolante | | | *[mm]* | | | |
| *[W/(m·K]* | *<20* | *20 -:- 39* | *40 -:- 59* | *60 -:- 79* | *80 -:- 99* | *>100* |
| 0,030 | 13 | 19 | 26 | 33 | 37 | 40 |
| 0,032 | 14 | 21 | 29 | 36 | 40 | 44 |
| 0,034 | 15 | 23 | 31 | 39 | 44 | 48 |
| 0,036 | 17 | 25 | 34 | 43 | 47 | 52 |
| 0,038 | 18 | 28 | 37 | 46 | 51 | 56 |
| 0,040 | 20 | 30 | 40 | 50 | 55 | 60 |
| 0,042 | 22 | 32 | 43 | 54 | 59 | 64 |
| 0,044 | 24 | 35 | 46 | 58 | 63 | 69 |
| 0,046 | 26 | 38 | 50 | 62 | 68 | 74 |
| 0,048 | 28 | 41 | 54 | 66 | 72 | 79 |
| 0,050 | 30 | 44 | 58 | 71 | 77 | 84 |

I valori di conduttività da adottare per individuare lo spessore minimo saranno quelli utili di calcolo. Per valori non riportati si procederà per interpolazione ed estrapolazione lineare arrotondando al valore superiore.
I montanti verticali delle tubazioni posti al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato, e i relativi spessori minimi dell'isolamento che risultano nella tabella sopra riportata, dovranno essere moltiplicati per 0,5.
Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati, gli spessori di cui alla tabella sopra riportata, dovranno essere moltiplicati per 0,3.
Per quanto riguarda le modalità di posa in opera, tutte le tubazioni dovranno essere coibentate in modo uniforme, senza strozzature o riduzioni di spessore curando la perfetta saldatura delle giunture del materiale isolante e non lasciando privi di coibentazione curve, raccordi, flange, valvole e saracinesche e quant'altro possa configurarsi come ponte termico.
Inoltre dovranno essere previste appropriate protezioni superficiali nei casi in cui il materiale possa deteriorarsi per effetto della radiazione solare, dell'acqua o di cause meccaniche, chimiche o biologiche.
Le valvole e le saracinesche dovranno essere isolate riempiendo eventuali vuoti, dovuti alla sagoma irregolare di questi corpi.
Nel caso di tubazioni e apparecchi per fluidi a temperatura minore di 30°C, dovrà essere prevista un'adeguata barriera al vapore posata in modo continuo e perfettamente sigillata; pertanto, l'isolamento non dovrà essere interrotto nelle zone in cui la tubazione poggia sui sostegni. Dovranno essere previsti anelli o semianelli di legno, sughero altro materiale idoneo, ad alta densità, nelle zone di appoggio del tubo sul sostegno. Gli anelli dovranno appoggiare su gusci in lamiera, posti all'esterno della tubazione isolata.
Le guaine isolanti dovranno essere in speciali elastomeri espansi, ovvero in spuma di resina sintetica e si dovranno utilizzare per tubazioni convoglianti fluidi da -20°C a + 100°C. Dovranno essere del tipo resistente al fuoco e autoestinguente (classe 1) e avere struttura a cellule chiuse per conferire all'isolamento elevatissime doti di barriera al vapore.
Il materiale tubolare dovrà essere fatto scivolare sulle tubazioni da isolare evitando per quanto possibile il taglio longitudinale; nei casi in cui questo sia necessario, esso dovrà essere eseguito con lame o dime particolari, allo scopo di ottenere un taglio preciso dei diversi elementi. Si dovranno impiegare adesivi adatti con le modalità di incollaggio consigliate dalla casa fornitrice. Nell'applicazione sarà imprescindibile la garanzia della perfetta tenuta in corrispondenza di tutte le interruzioni dell'isolamento all'inizio e al termine delle tubazioni, all'entrata e all'uscita delle valvole e dei rubinetti.
Ciò si potrà ottenere applicando, prima della chiusura delle testate, l'adesivo consigliato dalla ditta fornitrice

per qualche centimetro di lunghezza, per tutta la circonferenza delle tubazioni da isolare e all'interno della guaina isolante, seguendo rigorosamente le istruzioni tecniche del fornitore relativamente a modalità e tempi di incollaggio.
Nel caso di tubazioni pesanti sarà necessario inserire tra la tubazione isolata e il supporto un ulteriore strato di isolamento sostenuto da lamiera opportunamente curvata lunga non meno di 25 cm.
A tutti i modelli dovrà essere allegata certificazione conforme a quanto prescritto dai VV.F.

**2.13.1 Materiali coibenti**
A seconda del tipo di fluido passante all'interno delle tubazioni le caratteristiche dei materiali isolanti saranno le seguenti:
COIBENTAZIONE DELLE TUBAZIONI E DELLE VALVOLE PERCORSI DA FLUIDI CALDI A SERVIZIO DI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO
Prodotto isolante flessibile estruso a celle chiuse, di colore nero in elastomero espanso a base di gomma sintetica senza alogeni e pvc (non contiene cloro e bromo), avente le seguenti caratteristiche:

- Conduttività termica utile: a tm 40°C <= 0,040 W/m. K;
- reazione al fuoco: CLASSE 1 con omologazione Ministero dell'Interno;
- marchio di conformità e/o dichiarazione di conformità DM 26/06/84 (art. 2.6. - 2.7.);
- comportamento al fuoco: autoestinguente, non propaga la fiamma, non gocciola;
- posa in opera per infilaggio;

spessori minimi degli isolanti: secondo prescrizioni. Legge n.10/91, art. 4 comma 4 e successivo DPR n. 412 attuativo (allegato B).

**2.13.2 Finitura esterna delle coibentazioni**
*2.13.2.1 Lamierino di alluminio*
Le tubazioni, le valvole e i componenti accessori, posti all'esterno e a vista, dovranno avere una finitura in lamierino di alluminio.
Il lamierino dovrà essere debitamente calandrato, bordato e tenuto in sede con viti autofilettanti in acciaio. Sui giunti longitudinali i lamierini dovranno essere sovrapposti e graffati a maschio e femmina mentre su quelli circonferenziali sarà sufficiente la semplice sovrapposizione di almeno 50 mm.
Per il valvolame fissaggio tramite mezzi di guarnizione di tipo smontabile senza l'uso di attrezzi in modo da consentire agevolmente la rimessa a nudo delle valvole stesse per interventi di manutenzione.
Se richiesto dalle temperature di esercizio, dovranno essere creati giunti di dilatazione aventi lo scopo di assorbire le variazioni dimensionali dei corpi sottostanti.
A seconda delle dimensioni e della posizione delle parti da rivestire, l'involucro in lamiera potrà essere supportato da distanziatori di vario tipo. In particolare sulle tubazioni verticali l'isolamento dovrà essere mantenuto in posizione da appositi anelli di sostegno.
Lo spessore dell'alluminio sarà pari a 6/10, per diametri finiti fino a 200 mm e 8/10 per diametri maggiori.
*2.13.2.2 Foglio in pvc*
Le tubazioni in traccia nelle murature e nelle parti comunque non in vista, dovranno avere una finitura mediante foglio di PVC autoavvolgente avente seguenti caratteristiche:

- materiale PVC rigido liscio lucido;
- spessore: 0,35 mm.
- Reazione al fuoco: CLASSE 1 con omologazione Ministero dell'Interno;
- Marchio di conformità e/o dichiarazione di conformità (DM 26/06/84 art. 2.6 - 2.7)

***Art. 2.14. Lavaggio preliminare dell'impianto e riempimento con liquido di protezione***
Al termine delle lavorazioni dovrà essere effettuata una pulizia a norma UNI 8065 dell'impianto, con apposito liquido pulitore con protettivo per impianti di riscaldamento, diluito al 1%, per liberare i circuiti dal calcare, dalla ruggine e dalle impurità, aumentando la resa dell'impianto. Il prodotto deve essere compatibile con tutti i materiali in uso come rame, acciaio, alluminio e materiali sintetici e deve essere composto da: Acidi carbossilici, inibitore di corrosione, acido fosfon-butantricarbonico, altri additivi.
Prima della pulizia riempire l'impianto con acqua fresca. Tutte le valvole di regolazione del circuito di riscaldamento devono essere aperte al massimo. Inserire il liquido nella quantità necessaria. Accendere le pompe di circolazione per ottenere miscelazione e pulitura ottimale. Il tempo d'azione varia da 2 a 4 giorni con una temperatura di riscaldamento che non deve superare i 50° C. Svuotare quindi completamente il sistema di riscaldamento.
Risciacquare bene l'impianto con acqua.
L'impianto di riscaldamento deve essere riempito successivamente con una miscela di acqua e liquido protettivo antigelo propilenico ad alte prestazioni, esente da nitriti, ammine e fosfati, silicati e borati,

combinato con un pacchetto protettivo di inibitori avente funzione di proteggere gli impianti dal gelo e dalla corrosione. Dosaggio: almeno al 32% di concentrazione.
Riempire a metà l'impianto di riscaldamento con acqua. Introdurre la quantità necessaria di protettivo tramite una pompa di caricamento. Rabboccare infine con acqua l'impianto, sfiatarlo bene e accendere le pompe per mettere in circolazione l'acqua.
Dopo circa un'ora verificare la concentrazione di prodotto.
Ricontrollare la concentrazione di prodotto dopo 1 fino a 3 mesi e riempire nuovamente l'impianto con acqua e liquido protettivo.
In caso di necessità, scaricare l'acqua dell'impianto per eliminare eventuali residui di depositi. Riempire nuovamente l'impianto con acqua e liquido protettivo.
E' di assoluta priorità la precisione nel dosaggio percentuale. In caso di un dosaggio inferiore la protezione non sarà efficace e si potranno verificare fenomeni di gelo, corrosione e formazione di fanghiglia, controllare il dosaggio ogni 2 anni, come da norma UNI.

# TITOLO III – NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE OPERE IMPIANTI ELETTRICI

## CAPO 7. DESIGNAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI

### Art. 1. Normalizzazione

Nel settore degli impianti elettrici per normalizzazione si intende l'insieme dei criteri generali in base ai quali devono essere progettati, costruiti e collaudati gli impianti stessi.

### Art. 2. Unificazione

Nel settore degli impianti elettrici l'unificazione serve a stabilire caratteristiche di materiali, macchine e apparecchi elettrici per individuare una gamma di prodotti utile a uniformare la produzione a favore della diminuzione dei costi e di una facilitazione nell'approvvigionamento dei materiali stessi.

### Art. 3. Armonizzazione

L'intensificarsi degli scambi commerciali internazionali ha fatto nascere l'esigenza di uniformare le normative nazionali dei diversi stati in modo da ampliare l'ambito di validità delle norme stesse; tale attività di uniformazione delle diverse normative nazionali va sotto il nome di armonizzazione.

### Art. 4. Comitato Elettrotecnico Italiano e International Electrothecnical Commission

In Italia il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) svolge il compito di normalizzazione ed unificazione nel settore elettrico ed elettronico. In ambito mondiale opera l'IEC (International Electrothecnical Commission), cui sono membri i comitati elettrotecnici nazionali, col compito di emettere tanto raccomandazioni sulla base delle quali i singoli paesi membri adeguano le proprie normative che norme tecniche da cui derivano le norme nazionali.

### Art. 5. Designazione delle opere da eseguire

Per l'appalto, sono designati gli impianti da eseguire alle condizioni del presente capitolato, che contempla l'installazione di:

- cabine di trasformazione;
- rifasamento degli impianti;
- stazioni di energia;
- linee principali di alimentazione;
- impianti elettrici utilizzatori per uso domestico e similare;
- impianti di segnalazione comuni per usi civili nell'interno dei fabbricati;
- impianti di «portiere elettrico»;
- impianti per segnalazioni automatiche di incendi;
- impianti per controllo ronda;
- impianti antifurto a contatti, o con cellule fotoelettriche, o di altri tipi;
- impianti di orologi elettrici;
- impianti di citofoni;
- impianti interfonici;
- impianti generali di diffusione sonora;
- impianti di registrazione magnetica;
- impianti di traduzioni simultanee a filo;
- impianti di teletraduzioni simultanee;
- impianti di telericerca persone;
- impianti di antenne collettive per ricezione radio e televisione;
- predisposizione dell'impianto telefonico.

### Art. 6. Definizioni relative a impianti elettrici

Per le definizioni relative agli elementi costitutivi e funzionali degli impianti elettrici specificati nell'articolo precedente, resta inteso che viene fatto implicito riferimento a quelle stabilite dalle vigenti norme CEI.

Definizioni particolari, ove ritenuto necessario e utile, vengono espresse, in corrispondenza dei vari impianti, nei rispettivi paragrafi.

## Art. 7. Opere accessorie e provvisionali

Debbono intendersi per opere provvisionali comprese nell'appalto tutte le opere accessorie direttamente connesse all'esecuzione degli impianti, ad esempio, apertura e chiusura di tracce, fori passanti nei muri e nei pavimenti, muratura di grappe, sostegni e simili ecc., mentre sono escluse dall'appalto le opere murarie e di specializzazione edile, nonché quelle altre opere di rifinitura in genere, conseguenti a impianti ultimati, come: ripresa di intonaci, di tinte ecc. e tutto ciò che non fa parte del ramo d'arte della Ditta appaltatrice. Le prestazioni di ponti, di sostegni di servizio e di ogni altra opera provvisionale occorrente per l'esecuzione degli impianti, devono far carico alla Ditta appaltatrice, salvo il caso che, per la contemporanea esecuzione delle opere edilizie, le anzidette opere provvisionali già esistano in loco. In tal caso, la Ditta appaltatrice potrà fruirne, fermo restando gli oneri che cedono a carico della stessa per la sicurezza sul lavoro prescritti dalle norme a quel momento vigenti.

## Art. 8. Lavori provvisori

Saranno pagati a parte gli eventuali lavori provvisori (ad esempio, allacciamenti e installazioni temporanee), ordinati di volta in volta per iscritto dalla Direzione dei Lavori, salvo il caso che non sia previsto un compenso a corpo.

## Art. 9. Prescrizioni tecniche generali

***Art. 9.1. Requisiti di rispondenza a norme, leggi e regolamenti***

Gli impianti e i componenti devono essere realizzati a regola d'arte, conformemente alle prescrizioni del DM 37/2008, del D. Lgs. 81/2008 e loro successive modifiche e integrazioni. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti e in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di sicurezza delle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano);
- alle prescrizioni e indicazioni dell'ENEL o dell'Azienda Distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della Telecom Italia;
- alle prescrizioni dei Vigili del Fuoco e delle Autorità Locali.

***Art. 9.2. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro***

Nei disegni e negli atti posti a base dell'appalto, deve essere chiaramente precisata, la destinazione o l'uso di ciascun ambiente, ai fini del rispetto di quanto stabilito dalle vigenti disposizioni di legge in materia antinfortunistica, nonché dalle norme CEI.

***Art. 9.3. Prescrizioni riguardanti i circuiti – Cavi e conduttori***

a) **Isolamento dei cavi:**
   i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (Uo/U) non inferiori a 450/750 V, simbolo di designazione 07. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500 V, simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore;
b) **Colori distintivi dei cavi:**
   i conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione.
   In particolare, i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio 7 (cenere) e marrone;
c) **Sezioni minime e cadute di tensioni massime ammesse:**
   le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensioni non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL. Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse per i conduttori di rame sono:

- 0,75 mm2 per i circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm2 per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2 kW;
- 2,5 mm2 per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2,2 kW e inferiore o uguale a 3,6 kW;
- 4 mm2 per montanti singoli o linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW;

**d) Sezione minima dei conduttori di neutro:**
la sezione dei conduttori di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm2, la sezione dei conduttori neutri può essere inferiore rispetto a quella dei conduttori di fase, con il minimo tuttavia di 16 mm2 (per conduttori in rame), allorché la corrente massima (compre eventuali armoniche) che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla corrispondente corrente ammissibile per la sezione ridotta del neutro;

**e) Sezione dei conduttori di protezione, di terra ed equipotenziali:**
la sezione dei conduttori di terra, protezione ed equipotenziali, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti e tra loro le masse, non deve essere inferiore a quella indicata nelle tabelle seguenti, estrapolate dalle norme CEI 64-8/5, con le seguenti accortezze:

- quando un conduttore di protezione è comune a più circuiti la sua sezione deve essere dimensionata sulla base del circuito di sezione maggiore;
- qualora i materiali del conduttore di fase e di protezione siano differenti la sezione del conduttore di protezione va dimensionata in modo da avere una conduttanza equivalente a quella ottenuta dall'applicazione della tabella;

SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE (PE)

| **Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio** $mm^2$ | **Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase** $mm^2$ | **Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase** $mm^2$ |
|---|---|---|
| minore o uguale a 16 | sezione del conduttore di fase | 2,5 se protetto meccanicamente,<br>4 se non protetto meccanicamente |
| maggiore di 16 e<br>minore o uguale a 35 | 16 | 16 |
| maggiore di 35 | metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme | metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari., la sezione specificata dalle rispettive norme |

SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI TERRA (CT)

| | Protetti meccanicamente | Non protetti meccanicamente |
|---|---|---|
| Protetti contro la corrosione | Sezione minime come per i conduttori di protezione | 16 $mm^2$ (rame o ferro zincato*) |
| Non protetti contro la corrosione | 25 $mm^2$ (rame)<br>50 $mm^2$ (ferro zincato*) | |

*Zincatura conforme a norma CEI 7-6 o rivestimento equivalente

SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI

| Tipo di conduttore | Sezione minima |
|---|---|
| EQP | Non inferiore a ½ di quella del PE principale con un minimo di 6$mm^2$. Per conduttori in rame non è richiesta una sezione maggiore di 25$mm^2$ , per gli altri materiali una sezione equivalente ai 25$mm^2$ in rame. |
| EQS tra due masse | Non inferiore a quella minima tra le sezione dei PE delle due masse. |
| EQS tra massa e massa estranea | Non inferiore a ½ di quella del PE della massa, con un minimo di 2,5$mm^2$ se protetto meccanicamente e 4$mm^2$ in caso contrario. |
| EQS tra masse estranee o all'impianto di terra | Non inferiore a 2,5$mm^2$ se protetto meccanicamente e 4mm2 in caso contrario. |

In alternativa ai criteri sopra indicati, è ammesso il calcolo della sezione minima dei conduttori di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'art. 543.1.1 delle norme CEI 64-8, cioè mediante l'applicazione della seguente formula (integrale di Joule):

$$Sp = (I^2t)^{1/2}/K$$

nella quale:

- **Sp** è la sezione del conduttore di protezione [$mm^2$];
- **L** è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile [A];
- **t** è il tempo di intervento del dispositivo di protezione [s];
- **K** è il fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali[1].

Nei sistemi TN-C il conduttore PEN, che svolge tanto funzioni di conduttore di protezione che di neutro, in accordo alla norma CEI 64-8 deve rispettare i seguenti requisiti:

- Sezione non inferiore a 10mm2 se in rame o 16 mm2 se in alluminio;
- Divieto di installazione di dispositivi di sezionamento e comando;
- Isolamento previsto per la tensione più elevata alla quale può essere soggetto.

[1]I valori di K per i conduttori di protezione in diverse applicazioni sono dati nelle norme CEI 64-8.

**f) Propagazione del fuoco lungo i cavi:**
i cavi in aria installati individualmente, cioè distanziati fra loro di almeno 250 mm, devono rispondere alla prova di non propagazione delle norme CEI 20- 35.
Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, essi devono avere i requisiti di non propagazione dell'incendio in conformità alle norme CEI 20-22.

**g) Provvedimenti contro il fumo:**
allorché i cavi siano installati in notevole quantità in ambienti chiusi frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione, si devono adottare sistemi di posa atti a impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o in alternativa ricorrere all'impiego di cavi a bassa emissione di fumo secondo le norme CEI 20-37 e 20-38.

**h) Problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi:**
qualora cavi in quantità rilevanti siano installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovino a coesistere, in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi stessi bruciando sviluppino gas tossici o corrosivi. Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici e corrosivi ad alte temperature, secondo le norme CEI 20-38.

### *Art. 9.4. Canalizzazioni*

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente. Dette protezioni possono essere costituite da: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc. Negli impianti industriali, il tipo di installazione dovrà essere concordato di volta in volta con l'Committenza. Negli impianti in edifici civili e similari si devono rispettare le seguenti prescrizioni.

**9.4.1. Tubi protettivi, percorso tubazioni, cassette di derivazione.**

- Nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie leggera per i percorsi sotto intonaco, in acciaio smaltato a bordi saldati oppure in materiale termoplastico serie pesante per gli attraversamenti a pavimento;
- il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti. Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o sotto guaina metallica; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi. Comunque il diametro interno, per i circuiti di potenza, non deve essere inferiore a 16 mm;
- il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi;
- a ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, a ogni derivazione secondaria dalla linea principale e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione;
- le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti e morsetterie. Dette cassette devono essere costruite in modo che nelle condizioni ordinarie di installazione non sia possibile introdurvi corpi estranei e risulti agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone 11 garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo;
- i tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante. Tuttavia è ammesso utilizzare lo stesso tubo e le stesse cassette purché i montanti alimentino lo stesso complesso di locali e siano contrassegnati per la loro individuazione, almeno in corrispondenza delle due estremità;
- qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

Il numero dei cavi che si possono introdurre nei tubi è indicato nella tabella seguente:

NUMERO MASSIMO DI CAVI UNIPOLARI DA INTRODURRE IN TUBI PROTETTIVI

*(i numeri fra parentesi sono per i cavi di comando e segnalazione)*

| **diametro esterno/ diametro interno** [mm] | **sezione dei cavetti** [$mm^2$] | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **(0,5)** | **(0,75)** | **(1)** | **1,5** | **2,5** | **4** | **6** | **10** | **16** |
| 12/8,5 | (4) | (4) | (2) | | | | | | |
| 14/10 | (7) | (4) | (3) | | | | | | |
| 16/11,7 | | | (4) | 4 | 2 | | | | |
| 20/15,5 | | | (9) | 7 | 4 | 4 | 2 | | |
| 25/19,8 | | | (12) | 9 | 7 | 7 | 4 | 2 | |
| 32/26,4 | | | | | 12 | 9 | 7 | 7 | 3 |

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli che ospitano altre canalizzazioni devono essere disposti in modo da non essere soggetti a influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc. È inoltre vietato collocare, nelle stesse incassature, montanti e colonne telefoniche o radiotelevisive. Nel vano degli ascensori o montacarichi non è consentita la messa in opera di conduttori o tubazioni di qualsiasi genere che non appartengano all'impianto dell'ascensore o del montacarichi stesso.

**9.4.2. Canalette porta cavi**

Per i sistemi di canali battiscopa e canali ausiliari si applicano le norme CEI 23- 19.
Per gli altri sistemi di canalizzazione si applicheranno le norme CEI specifiche, ove esistenti.
Il numero dei cavi installati deve essere tale da consentire un'occupazione non superiore al 50% della sezione utile dei canali, secondo quanto prescritto dalle norme CEI 64-8.
Per il grado di protezione contro i contatti diretti, si applica quanto richiesto dalle norme CEI 64-8 utilizzando i necessari accessori (angoli, derivazioni ecc.); in particolare, opportune barriere devono separare cavi a tensioni nominali differenti.
I cavi vanno utilizzati secondo le indicazioni delle norme CEI 20-20.
Devono essere previsti per canali metallici i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali secondo quanto previsto dalle norme CEI 64-8.
Nei passaggi di parete devono essere previste opportune barriere tagliafiamma che non degradino i livelli di segregazione assicurati dalle pareti stesse.
Le caratteristiche di resistenza al calore anormale e al fuoco dei materiali utilizzati devono soddisfare quanto richiesto dalle norme CEI 64-8.

***Art. 9.5. Tubazioni per le costruzioni prefabbricate***

I tubi protettivi annegati nel calcestruzzo devono rispondere alle prescrizioni delle norme CEI 23-17.
Essi devono essere inseriti nelle scatole preferibilmente con l'uso di raccordi atti a garantire una perfetta tenuta. La posa dei raccordi deve essere eseguita con la massima cura, in modo che non si creino strozzature. Allo stesso modo, i tubi devono essere uniti tra loro per mezzo di appositi manicotti di giunzione. La predisposizione dei tubi deve essere eseguita con tutti gli accorgimenti della buona tecnica, in considerazione del fatto che alle pareti prefabbricate non è in genere possibile apportare sostanziali modifiche né in fabbrica né in cantiere.
Le scatole da inserire nei getti di calcestruzzo devono avere caratteristiche tali da sopportare le sollecitazioni termiche e meccaniche che si presentano in tali condizioni.
In particolare, le scatole rettangolari porta-apparecchi e le scatole per i quadretti elettrici devono essere costruite in modo che il loro fissaggio sui casseri avvenga con l'uso di rivetti, viti o magneti da inserire in apposite sedi ricavate sulla membrana anteriore della scatola stessa. Detta membrana dovrà garantire la non deformabilità delle scatole.
La serie di scatole proposta deve essere completa di tutti gli elementi necessari per la realizzazione degli impianti, comprese le scatole di riserva conduttori necessarie per le discese alle tramezze che si monteranno in un secondo tempo a getti avvenuti.

***Art. 9.6. Posa di cavi elettrici isolati, sotto guaina, interrati***

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo seguente:

- sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa preventivamente concordata con la Direzione Lavori e privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà costruire, in primo luogo, un letto di sabbia di fiume, vagliata e lavata, o di cava, vagliata, dello spessore di almeno 10 cm, sul quale si dovrà distendere poi il cavo (od i cavi) senza premere e senza farlo affondare artificialmente nella sabbia;
- si dovrà quindi stendere un altro strato di sabbia come sopra, dello spessore di almeno 5 cm, in corrispondenza della generatrice superiore del cavo (o dei cavi); pertanto lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà risultare di almeno 15 cm più il diametro del cavo (o maggiore, nel caso di più cavi);
- sulla sabbia così posta in opera, si dovrà infine disporre una fila continua di mattoni pieni, bene accostati fra loro e con il lato maggiore secondo l'andamento del cavo (o dei cavi) se questo avrà diametro (o questi comporranno una striscia) non superiore a 5 cm o, nell'ipotesi contraria, in senso trasversale (generalmente con più cavi);
- sistemati i mattoni, si dovrà procedere al rinterro dello scavo pigiando sino al limite del possibile e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo.

L'asse del cavo (o quello centrale di più cavi) dovrà ovviamente trovarsi in uno stesso piano verticale con l'asse della fila di mattoni. Per la profondità di posa sarà seguito il concetto di avere il cavo (od i cavi) posto sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per riparazioni a manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o per movimenti di terra nei tratti a prato o a giardino. Si dovrà osservare la profondità di almeno 50 cm, misurando sull'estradosso della protezione di mattoni. Tutta la sabbia e i mattoni occorrenti saranno forniti dalla Ditta appaltatrice.

***Art. 9.7. Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in cunicoli praticabili***

Come stabilito nel presente Capitolato, i cavi saranno posati:

- entro scanalature esistenti sui piedritti dei cunicoli (appoggio continuo), all'uopo fatte predisporre dall'Committenza;
- entro canalette di materiale idoneo, ad esempio cemento (appoggio egualmente continuo), tenute in sito da mensoline in piatto o in profilato d'acciaio zincato o da mensoline di calcestruzzo armato;
- direttamente su ganci, grappe, staffe, o mensoline (appoggio discontinuo) in piatto o in profilato d'acciaio zincato, ovvero in materiali plastici resistenti all'umidità, ovvero ancora su mensoline di calcestruzzo armato.

Dovendo disporre i cavi in più strati, dovrà essere assicurato un distanziamento tra strato e strato pari ad almeno una volta e mezzo il diametro del cavo maggiore nello strato sottostante, con un minimo di 3 cm, onde assicurare la libera circolazione dell'aria.

A questo riguardo la Ditta appaltatrice dovrà tempestivamente indicare le caratteristiche secondo cui dovranno essere dimensionate e conformate le eventuali canalette di cui sopra, mentre, se non diversamente prescritto dall'Committenza, sarà di competenza della Ditta appaltatrice soddisfare a tutto il fabbisogno di mensole, staffe, grappe e ganci di ogni altro tipo, i quali potranno anche formare rastrelliere di conveniente altezza. Per il dimensionamento e mezzi di fissaggio in opera (grappe murate, chiodi sparati ecc.) dovrà essere tenuto conto del peso dei cavi da sostenere in rapporto al distanziamento dei supporti, che dovrà essere stabilito di massima intorno a 70 cm. In particolari casi, l'Committenza potrà preventivamente richiedere che le parti in acciaio vengano zincate a caldo. I cavi, ogni 150÷200 m di percorso, dovranno essere provvisti di fascetta distintiva in materiale inossidabile.

***Art. 9.8. Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni interrate o non interrate, o in cunicoli non praticabili***

Qualora in sede di appalto venga prescritto alla Ditta appaltatrice di provvedere anche per la fornitura e la posa in opera delle tubazioni, queste avranno forma e costituzione come preventivamente stabilito dall'Committenza (cemento, ghisa, grès ceramico, cloruro di polivinile ecc.).

Per la posa in opera delle tubazioni a parete o a soffitto ecc., in cunicoli, intercapedini, sotterranei ecc., valgono le prescrizioni precedenti per la posa dei cavi in cunicoli praticabili, coi dovuti adattamenti.

Al contrario, per la posa interrata delle tubazioni, valgono le prescrizioni precedenti per l'interramento dei cavi elettrici circa le modalità di scavo, la preparazione del fondo di posa (naturalmente senza la sabbia e senza la fila di mattoni), il rinterro ecc.

Le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Il diametro interno della tubazione dovrà essere in rapporto non inferiore a 1,3 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi, sistemati a fascia.

Per l'infilaggio dei cavi, si dovranno prevedere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate e apposite cassette

sulle tubazioni non interrate.
Il distanziamento fra tali pozzetti e cassette verrà stabilito in rapporto alla natura e alla grandezza dei cavi da infilare.
Tuttavia, per i cavi in condizioni medie di scorrimento e grandezza, il distanziamento resta stabilito di massima:

- ogni 30 m circa se in rettilineo;
- ogni 15 m circa se con interposta una curva.

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro. In sede di appalto, verrà precisato se spetti all'Committenza la costituzione dei pozzetti o delle cassette.
In tal caso, la Ditta appaltatrice dovrà fornire tutte le indicazioni necessarie per il loro dimensionamento, formazione, raccordi ecc.

***Art. 9.9. Posa aerea dei cavi elettrici, isolati, non sotto guaina, o di conduttori elettrici nudi***
Per la posa aerea dei cavi elettrici, isolati, non sotto guaina e di conduttori elettrici nudi, dovranno osservarsi le relative norme CEI.
Se non diversamente specificato in sede di appalto, sarà di competenza della Ditta appaltatrice la fornitura di tutti i materiali e la loro messa in opera per la posa aerea in questione (pali di appoggio, mensole, isolatori, cavi, accessori, ecc.).
Tutti i rapporti con terzi (istituzioni di servitù di elettrodotto, di appoggio, di attraversamento ecc.), saranno di competenza esclusiva e a carico del Committente, in conformità di quanto disposto al riguardo del testo unico di leggi sulle Acque e sugli Impianti Elettrici, di cui RD 11 dicembre 1933 n. 1775.

***Art. 9.10. Posa aerea di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, autoportanti o sospesi a corde portanti***
Saranno ammessi a tale sistema di posa, unicamente cavi destinati a sopportare tensioni di esercizio non superiori a 1000 V, isolati in conformità, salvo che non si tratti di cavi per alimentazione di circuiti per illuminazione in serie o per alimentazione di tubi fluorescenti, per le quali il limite massimo della tensione ammessa sarà di 6000 V.
Con tali limitazioni d'impiego potranno aversi:

- cavi autoportanti a fascio con isolamento a base di polietilene reticolato per linee aeree a corrente alternata secondo le norme CEI 20-31;
- cavi con treccia in acciaio di supporto incorporata nella stessa guaina isolante;
- cavi sospesi a treccia indipendente in acciaio zincato (cosiddetta sospensione «americana») a mezzo di fibbie o ganci di sospensione, opportunamente scelti fra i tipi commerciali, posti a distanza non superiore a 40 cm.

Per tutti questi casi si impiegheranno collari e mensole di ammarro, opportunamente scelti fra i tipi commerciali, per la tenuta dei cavi sui sostegni, tramite le predette trecce di acciaio. Anche per la posa aerea dei cavi elettrici, isolati, sotto guaina, vale integralmente quanto espresso al precedente comma 9.9 per la posa aerea di cavi elettrici, isolati, non sotto guaina, o di conduttori elettrici nudi.

***Art. 9.11. Protezione contro i contatti indiretti***
Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).
Per la protezione contro i contatti indiretti ogni impianto elettrico utilizzatore o raggruppamento di impianti, contenuti in uno stesso edificio e nelle sue dipendenze (quali portinerie distaccate e simili), deve avere un proprio impianto di terra.
A tale impianto di terra devono essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzione, distribuzione e scarico delle acque, nonché tutte le masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

# CAPO 8. IMPIANTO DI MESSA A TERRA E SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI

**9.11.1. Elementi di un impianto di terra**
Per ogni edificio contenente impianti elettrici deve essere opportunamente previsto, in sede di costruzione, un proprio impianto di messa a terra (impianto di terra locale), che deve soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme. Tale impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche di efficienza e comprende:

a) il dispersore (o i dispersori ) di terra, costituito da uno o più elementi metallici posti in intimo contatto con il terreno e che realizza il collegamento elettrico con la terra;

b) il conduttore di terra, non in intimo contatto con il terreno destinato a collegare i dispersori fra di loro e al collettore (o nodo) principale di terra. I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno devono essere considerati, a tutti gli effetti, dispersori per la parte non interrata (o comunque isolata dal terreno);
c) il conduttore di protezione, che parte dal collettore di terra, arriva in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra), o direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione, con parti metalliche comunque accessibili. È vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a 4 mm2. Nei sistemi TT (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate a un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico), il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione;
d) il collettore (o nodo) principale di terra nel quale confluiscono i conduttori di terra, di protezione e di equipotenzialità (ed eventualmente di neutro, in caso di sistemi TN, in cui il conduttore di neutro ha anche la funzione di conduttore di protezione);
e) il conduttore equipotenziale, avente lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee (parti conduttrici, non facenti parte 17 dell'impianto elettrico, suscettibili di introdurre il potenziale di terra).

**9.11.2. Prescrizioni particolari per locali da bagno. Divisione in zone e apparecchi ammessi**

I locali da bagno vengono divisi in 4 zone per ognuna delle quali valgono le seguenti regole particolari:

- **zona 0**
  - È il volume della vasca o del piatto doccia: non sono ammessi apparecchi elettrici, come scalda-acqua a immersione, illuminazioni sommerse o simili.
- **zona 1**
  - È il volume al di sopra della vasca da bagno o del piatto doccia fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento: sono ammessi lo scaldabagno (del tipo fisso, con la massa collegata al conduttore di protezione) o altri apparecchi utilizzatori fissi, purché alimentati a tensione non superiore a 25 V, cioè con la tensione ulteriormente ridotta rispetto al limite normale della bassissima tensione di sicurezza, che corrisponde a 50V.
- **zona 2**
  - È il volume che circonda la vasca da bagno o il piatto doccia, largo 60 cm e fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento: sono ammessi, oltre allo scaldabagno e agli altri apparecchi alimentati a non più di 25 V, anche gli apparecchi illuminati dotati di doppio isolamento (Classe II). Gli apparecchi istallati nelle zone 1 e 2 devono essere protetti contro gli spruzzi d'acqua (grado di protezione IP x 4).
    Sia nella zona 1 che nella zona 2 non devono esserci materiali di installazione come interruttori, prese a spina, scatole di derivazione; possono essere installati pulsanti a tirante con cordone isolante e frutto incassato ad altezza superiore a 2,25 m dal pavimento.
    Le condutture devono essere limitate a quelle necessarie per l'alimentazione degli apparecchi installati in queste zone e devono essere incassate con tubo protettivo non metallico; gli eventuali tratti in vista necessari per il collegamento con gli apparecchi utilizzatori (ad esempio con lo scaldabagno) devono essere protetti con tubo di plastica o realizzati con cavo munito di guaina isolante.
- **zona 3**
  - È il volume al di fuori della zona 2, della larghezza di 2,40 m (e quindi 3 m oltre la vasca o la doccia): sono ammessi componenti dell'impianto elettrico protetti contro la caduta verticale di gocce di acqua (grado di protezione IP X1, come nel caso dell'ordinario materiale elettrico da incasso, quando installati verticalmente, oppure IP X5 quando è previsto l'uso di getti d'acqua per la pulizia del locale; inoltre l'alimentazione delle prese a spina deve soddisfare una delle seguenti condizioni:
    - bassissima tensione di sicurezza con limite 50 V (SELV ex BTS). Le parti attive del circuito in bassissima tensione devono comunque essere protette contro i contatti diretti;
    - trasformatore di isolamento per ogni singola presa a spina;
    - interruttore differenziale a alta sensibilità, con corrente differenziale non superiore a 30 mA.

Le regole enunciate per le varie zone in cui sono suddivisi i locali da bagno servono a limitare i pericoli provenienti dall'impianto elettrico del bagno stesso e sono da conside-rarsi integrative rispetto alle regole e prescrizioni comuni a tutto l'impianto elettrico (isola-mento delle parti attive, collegamento delle masse al conduttore di protezione, ecc.).

**9.11.3. Collegamento equipotenziale nei locali da bagno**
Per evitare tensioni pericolose provenienti dall'esterno del locale da bagno (ad esempio da una tubazione che vada in contatto con un conduttore non protetto da interruttore differenziale), è richiesto un conduttore equipotenziale che colleghi fra di loro tutte le masse estranee delle zone 1-2-3 con il conduttore di protezione all'ingresso dei locali da bagno.
Le giunzioni devono essere realizzate conformemente a quanto prescritto dalle norme CEI 64-8; in particolare, devono essere protette contro eventuali allentamenti o corrosioni ed essere impiegate fascette che stringono il metallo vivo. Il collegamento equipotenziale non va eseguito su tubazioni di scarico in PVC o in grès, ma deve raggiungere il più vicino conduttore di protezione, come, ad esempio, la scatola dove è installata la presa a spina protetta dell'interruttore differenziale ad alta sensibilità.
È vietata l'inserzione di interruttori o di fusibili sui conduttori di protezione.
Per i conduttori si devono rispettare le seguenti sezioni minime:

- 2,5 mm2 (rame) per i collegamenti protetti meccanicamente, cioè posati entro tubi o sotto intonaco;
- 4 mm2 (rame) per i collegamenti non protetti meccanicamente e fissati direttamente a parete.

**9.11.4. Alimentazione nei locali da bagno**
Può essere effettuata come per il resto dell'appartamento (o dell'edificio, per i bagni in edifici non residenziali). Se esistono 2 circuiti distinti per i centri luce e le prese, entrambi questi circuiti si devono estendere ai locali da bagno. La protezione delle prese del bagno con interruttore differenziale ad alta sensibilità può essere affidata all'interruttore differenziale generale, purché questo sia del tipo ad alta sensibilità, o a un differenziale locale, che può servire anche per diversi bagni attigui.

**9.11.5. Condutture elettriche nei locali da bagno**
Possono essere usati cavi isolati in PVC tipo H07V (ex UR/3) in tubo di plastica incassato a parete o nel pavimento. Per il collegamento dello scaldabagno, il tubo, di tipo flessibile, deve essere prolungato per coprire il tratto esterno, oppure deve essere usato un cavetto tripolare con guaina (fase + neutro + conduttore di protezione) per tutto il tratto che va dall'interruttore allo scaldabagno, uscendo, senza morsetti, da una scatoletta passa-cordone.

**9.11.6. Altri apparecchi consentiti nei locali da bagno**
Per l'uso di apparecchi elettromedicali in locali da bagno ordinari, è necessario 19 attenersi alle prescrizioni fornite dai costruttori di questi apparecchi che possono essere destinati a essere usati solo da personale addestrato.
Negli alberghi, un telefono può essere installato anche nel bagno, ma in modo che non possa essere usato da chi si trova nella vasca o sotto la doccia.

**9.11.7. Protezioni contro i contatti diretti in ambienti pericolosi**
Negli ambienti in cui il pericolo di elettrocuzione è maggiore sia per condizioni ambientali (umidità) sia per particolari utilizzatori elettrici usati (apparecchi portatili, tagliaerba ecc.), come ad esempio: cantine, garage, portici, giardini, ecc., le prese a spina devono essere alimentate come prescritto per la zona 3 dei bagni.

***Art. 9.12. Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione***
Una volta attuato l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

**a)** coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè magnetotermico, in modo che risulti soddisfatta la seguente relazione:

$$R_t \geq 50 / I_s$$

dove Is è il valore in ampere della corrente di intervento in 5 secondi del dispositivo di protezione; se l'impianto comprende più derivazioni protette da dispositivi con correnti di intervento diverse, deve essere considerata la corrente di intervento più elevata;

**b)** coordinamento di impianto di messa a terra e interruttori differenziali. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo. Affinché detto coordinamento sia efficiente deve essere osservata la seguente relazione:

$$R_t \leq 50/I_d$$

dove Id è il valore della corrente nominale di intervento differenziale del dispositivo di protezione.

Negli impianti di tipo TT, alimentati direttamente in bassa tensione dalla Società distributrice, la soluzione più affidabile, e in certi casi l'unica che si possa attuare, è quella con gli interruttori differenziali che consentono la presenza di un certo margine di sicurezza, a copertura degli inevitabili aumenti del valore di Rt durante la vita dell'impianto.

***Art. 9.13. Protezione mediante doppio isolamento***

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione o installazione: apparecchi di Classe II. In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

***Art. 9.14. Protezione delle condutture elettriche***

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.
La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8.
In particolare, i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata (Iz) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (Ib) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente).
Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale (In) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (Ib) e la sua portata nominale (Iz) e una corrente in funzionamento (If) minore o uguale a 1,45 volte la portata (Iz).
In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1{,}45\ I_z$$

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme CEI 23-3 e CEI 17-5.
Gli interruttori automatici magnetotermici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione $I2t \leq K2\ S2$ (norme CEI 64-8/4).
Essi devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.
È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (norme CEI 64-8/4).
In questo caso le caratteristiche dei 2 dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante, I2t, lasciata passare dal dispositivo a monte, non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette.

**9.14.1. Protezione di circuiti particolari:**

- **a)** devono essere protette singolarmente le derivazioni all'esterno;
- **b)** devono essere protette singolarmente le derivazioni installate in ambienti speciali, eccezione fatta per quelli umidi;
- **c)** devono essere protetti singolarmente i motori di potenza superiore a 0,5 kW;
- **d)** devono essere protette singolarmente le prese a spina per l'alimentazione degli apparecchi in uso nei locali per chirurgia e nei locali per sorveglianza o cura intensiva (norme CEI 64-8/7).

***Art. 9.15. Coordinamento con le opere di specializzazione edile e delle altre non facenti parte del ramo d'arte della ditta appaltatrice***

Per le opere, lavori, o predisposizioni di specializzazione edile e di altre non facenti parte del ramo d'arte della Ditta appaltatrice, le cui caratteristiche esecutive siano subordinate a esigenze dimensionali o funzionali degli impianti oggetto dell'appalto, è fatto obbligo alla Ditta appaltatrice di rendere note tempestivamente all'Committenza le anzidette esigenze, onde la stessa Amministrazione possa disporre di conseguenza.

***Art. 9.16. Materiali di rispetto***

La scorta di materiali di rispetto non è considerata per le utenze di appartamenti privati. Per altre utenze vengono date, a titolo esemplificativo, le seguenti indicazioni:

- fusibili con cartuccia a fusione chiusa, per i quali dovrà essere prevista, come minimo, una scorta pari al 20% di quelli in opera;
- bobine di automatismi, per le quali dovrà essere prevista una scorta pari al 10% di quelle in opera, con minimo almeno di un'unità;
- una terna di chiavi per ogni serratura di eventuali armadi;
- lampadine per segnalazioni, di cui dovrà essere prevista una scorta pari al 10% di ogni tipo di quelle in opera.

***Art. 9.17. Protezione dalle scariche atmosferiche***

**9.17.1. Generalità**

La Committenza preciserà se negli edifici ove debbono venire installati gli impianti elettrici oggetto dell'appalto, dovrà essere prevista anche la sistemazione di parafulmini per la protezione dalle scariche atmosferiche.

In ogni caso l'impianto di protezione contro i fulmini (LPS), per il quale sia previsto l'impiego di organi di captazione ad asta, a funi, o a maglia deve essere realizzato in conformità alle norme CEI 81-1, per sistemi diversi dai suddetti non considerati dalle normative CEI ci si avvarrà del parere di efficacia debitamente giustificato nella relazione tecnica del tecnico abilitato che ha redatto il progetto.

I sistemi di protezione contro le fulminazioni naturali vengono ad essere costituiti dall'insieme degli impianti di protezione esterni ed interni; intendendosi per impianto esterno l'insieme di captatori, calate e dispersore, per impianto di protezione interno tutte le misure attuate per ridurre gli effetti elettromagnetici prodotti dalla corrente di fulmine all'interno della struttura oggetto di protezione.

**9.17.2.Criteri di valutazione del rischio, di scelta dell'impianto e relativo livello di protezione**

La valutazione del rischio dovuta alle fulminazioni dirette ed indirette insieme alla scelta delle misure di protezione più opportune va effettuata sulla base delle indicazioni riportate dalla norma CEI 81.1

**9.17.3. *Criteri generali per la realizzazione dell'impianto di protezione esterno***

Valgono i criteri progettuali stabiliti dalla CEI 81.1 cap. II in funzione del livello di protezione prescelto.

***Art. 9.18. Protezione da sovratensioni per fulminazione indiretta e di manovra***

a) **Protezione d'impianto.**
   Al fine di proteggere l'impianto e le apparecchiature elettriche ed elettroniche a esso collegate, contro le sovratensioni di origine atmosferica (fulminazione indiretta) e le sovratensioni transitorie di manovra e limitare scatti intempestivi degli interruttori differenziali, all'inizio dell'impianto deve essere installato un limitatore di sovratensioni che garantisca la separazione galvanica tra conduttori attivi e terra. Detto limitatore con capacità di scarica >10kA onda 8/20 e tensione di innesco coordinata con l'isolamento interessato, deve essere modulare e componibile e avere il dispositivo di fissaggio a scatto incorporato per profilato unificato.
b) **Protezione d'utenza.**
   Per la protezione di particolari utenze molto sensibili alle sovratensioni, quali ad esempio computer, video terminali, registratori di cassa, centraline elettroniche in genere e dispositivi elettronici a memoria programmabile, le prese di corrente dedicate alla loro inserzione nell'impianto devono essere alimentate attraverso un dispositivo limitatore di sovratensione in aggiunta al dispositivo di cui al punto a). Detto dispositivo deve essere componibile con le prese ed essere montabile a scatto sulla stessa armatura. Deve potere, altresì, essere installato nelle normali scatole da incasso.

***Art. 9.19. Protezione contro i radiodisturbi***

a) **Protezione bidirezionale di impianto.**
   Per evitare che, attraverso la rete di alimentazione, sorgenti di disturbo, quali ad esempio motori elettrici a spazzola, utensili a motore, variatori di luminosità ecc., convoglino disturbi che superano i limiti previsti dal DM 10 aprile 1984 in materia di prevenzione ed eliminazione dei disturbi alle radiotrasmissioni e radioricezioni, l'impianto elettrico deve essere disaccoppiato in modo bidirezionale a mezzo di opportuni filtri.
   Detti dispositivi devono essere modulari e componibili e avere il dispositivo di fissaggio a scatto incorporato per profilato unificato.
   Le caratteristiche di attenuazione devono essere almeno comprese tra 20 dB a 100 kHz e 60 dB a 30 MHz.
b) **Protezione unidirezionale di utenza.**
   Per la protezione delle apparecchiature di radiotrasmissione, radioricezione e dispositivi elettronici a memoria programmabile dai disturbi generati all'interno degli impianti e da quelli captati via etere,

è necessario installare un filtro di opportune caratteristiche in aggiunta al filtro di cui al punto a) il più vicino possibile alla presa di corrente da cui sono alimentati.

1) **Utenze monofasi di bassa potenza.**
   Questi filtri devono essere componibili con le prese di corrente ed essere montabili a scatto sulla stessa armatura e poter essere installati nelle normali scatole da incasso.
   Le caratteristiche di attenuazione devono essere almeno comprese tra 35 dB a 100 kHz e 40 dB a 30 MHz.
2) **Utenze monofasi e trifasi di media potenza.**
   Per la protezione di queste utenze è necessario installare i filtri descritti al punto a) il più vicino possibile all'apparecchiatura da proteggere.

***Art. 9.20. Stabilizzazione della tensione***

La committenza, in base anche a possibili indicazioni da parte dell'Azienda elettrica distributrice, preciserà se dovrà essere prevista una stabilizzazione della tensione a mezzo di apparecchi stabilizzatori regolatori, indicando, in tal caso, se tale stabilizzazione dovrà essere prevista per tutto l'impianto o solo per circuiti da precisarsi, ovvero soltanto in corrispondenza di qualche singolo utilizzatore, pure, al caso, da precisarsi.

***Art. 9.20.1. Maggiorazioni dimensionali rispetto a valori minori consentiti dalle norme CEI e di legge***

A ogni effetto, si precisa che maggiorazioni dimensionali, in qualche caso fissate dal presente Capitolato, rispetto a valori minori consentiti dalle norme CEI o di legge, sono adottate per consentire possibili futuri limitati incrementi delle utilizzazioni, non implicanti tuttavia veri e propri ampliamenti degli impianti.

## Art. 10. Potenza impegnata e dimensionamento degli impianti

Gli impianti elettrici devono essere calcolati per la potenza impegnata: si intende quindi che le prestazioni e le garanzie per quanto riguarda le portate di corrente, le cadute di tensione, le protezioni e l'esercizio in genere sono riferite alla potenza impegnata, la quale viene indicata dal Committente o calcolata in base ai dati forniti dalla stessa.
Per gli impianti elettrici negli edifici civili, in mancanza di indicazioni, si fa riferimento al carico convenzionale dell'impianto. Detto carico verrà calcolato sommando tutti i valori ottenuti applicando alla potenza nominale degli apparecchi utilizzatori fissi e a quella corrispondente alla corrente nominale delle prese a spina i coefficienti che si deducono dalle tabelle CEI riportate nei paragrafi seguenti.

***Art.10.1 Valori di potenza impegnata negli appartamenti di abitazione***

**a)** Per l'illuminazione:
- 10 W per m2 di superficie dell'appartamento con un minimo di 500W.

**b)** Scalda-acqua:
- 1000 W per appartamenti fino a 4 locali (va considerato come locale ogni vano abitabile con esclusione cioè di anticamere, corridoi, cucinino, bagno);
- 2000 W per appartamenti oltre i 4 locali.

**c)** Cucina elettrica:
- da considerare solo se ne è prevista esplicitamente l'installazione.

**d)** Servizi vari:
- 40 W per m2 di superficie dell'appartamento in zone urbane;
- 20 W per m2 di superficie dell'appartamento in zone rurali.

***Art.10.2 Punti di utilizzazione***

Nelle abitazioni si devono prevedere almeno i seguenti punti di utilizzazione:

a) Prese a spina con portata 10 A:
   - n. 3 in soggiorno distribuite sulle differenti pareti;
   - n. 2 in camera;
   - n. 2 in cucina;
   - n. 1 in bagno;
   - n. 1 negli altri locali;
   - n. 1 presa ogni 5 m di lunghezza nei corridoi ed entrate.

b) Prese a spina con portata 16 A:
   - n.1 in soggiorno;

- n. 1 in camera;
- n. 2 in cucina (in questo locale possono essere previste prese da 20 A);
- n. 1 in bagno;
- n. 1 negli altri locali.

**Art. 10.3 Suddivisione dei circuiti e loro protezione in abitazioni ed edifici residenziali**
Nelle abitazioni e negli edifici residenziali in genere, si devono alimentare attraverso circuiti protetti e singolarmente sezionabili facenti capo direttamente al quadro elettrico almeno le seguenti utilizzazioni:

**e)** illuminazione di base:
- sezione dei conduttori non inferiore a 1,5 $mm^2$; protezione 10 A; potenza totale erogabile 2,2 kW;

**f)** prese a spina da 10 A per l'illuminazione supplementare per piccoli utilizzatori (televisori, apparecchi radio ecc.):
- sezione dei conduttori 1,5 $mm^2$;
- protezione 10A; potenza totale erogabile 2,2 kW;

**g)** prese a spina da 16 A e apparecchi utilizzatori con alimentazione diretta (ad esempio scalda-acqua) con potenza unitaria minore o uguale a 3,6 kW:
- sezione dei conduttori 2,5 mm2;
- protezione 16 A; potenza totale erogabile 3,6 kW;

**h)** eventuale linea per alimentazione di utilizzatori con potenza maggiore di 3,6 kW:
- sezione conduttori 4 $mm^2$;
- protezione 25 A.

Ogni qualvolta si verificano le seguenti condizioni, sul quadro elettrico devono essere previsti un numero superiore di circuiti protetti:

a) elevata superficie abitabile, maggiore di 150 $m^2$:
occorre prevedere più linee per l'illuminazione di base al fine di limitare a 150 $m^2$ la superficie dei locali interessati da una singola linea;
b) elevato numero di prese da 10 A:
occorre prevedere una linea da 10 A ogni 15 prese;
c) elevato numero di apparecchi utilizzatori fissi o trasportabili (scalda-acqua, lavatrici, lavastoviglie) che debbono funzionare contemporaneamente prelevando una potenza totale superiore a 3,6 kW: occorre alimentare ciascun apparecchio utilizzatore con potenza unitaria maggiore di 2,2 kW direttamente dal quadro con una linea protetta.

Nella valutazione della sezione dei conduttori relativi al singolo montante, oltre a tener conto della caduta di tensione del 4%, occorre considerare anche i tratti orizzontali (ad esempio, 6 m in orizzontale dal quadro contatori al vano scale). Il potere di interruzione degli interruttori automatici deve essere di almeno 3000 A (norme CEI 11-11) a meno di diversa comunicazione del Distributore; gli interruttori automatici devono essere bipolari con almeno un polo protetto in caso di distribuzione fase-fase.

**Art. 10.4 Coefficienti per la valutazione del carico convenzionale delle unità di impianto**

| Impianto | Illuminazione | Scalda-acqua | Cucina | Servizi vari, comprese le prese a spina (per queste la potenza è quella corrispondente alla corrente nominale) | Ascensore (la potenza è quella corrispondente alla corrente di targa) |
|---|---|---|---|---|---|
| appartamenti di abitazione | 0.65 | 1 per l'apparecchio di maggior potenza,<br>0,75 per il secondo,<br>0,50 per gli altri | (1) | vedi art. 13.3 «suddivisione dei circuiti» | (2) |
| alberghi, ospedali, collegi | 0,75 | 1 per l'apparecchio di maggior potenza<br>0,75 per il secondo,<br>0,50 gli altri | 1 per l'apparecchio di maggior potenza,<br>0,75 per gli altri | 0,5 | 3 per il motore dell'ascensore di maggior potenza,<br>1 per il successivo ascensore,<br>0,7 per tutti gli altri ascensori |
| uffici e negozi | 0,90 | 1 per l'apparecchio di maggior potenza,<br>0,75 per il secondo,<br>0,50 per il terzo,<br>0,25 per gli altri | 0,5 | 3 per il motore dell'ascensore di maggior potenza,<br>1 per il successivo ascensore,<br>0,7 per tutti gli altri ascensori | |

(1) Per le derivazioni facenti capo a singoli apparecchi utilizzatori o a singole prese si deve assumere come valore del coefficiente l'unità, fatta eccezione per il caso degli ascensori.

(2) Per gli ascensori e altri servizi generali e comuni, i dati relativi sono allo studio.

**Art. 10.5 Coefficienti per la valutazione del carico convenzionale delle colonne montanti che alimentano appartamenti di abitazione**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Unità di impianto alimentate | 1 | Valore del coefficiente | 1 |
| Unità di impianto alimentate | da 2 a 4 | Valore del coefficiente | 0,8 |
| Unità di impianto alimentate | da 5 a 10 | Valore del coefficiente | 0,5 |
| Unità di impianto alimentate | 11 e oltre | Valore del coefficiente | 0,3 |

**Art. 10.6 Impianti trifasi**

Negli impianti trifasi (per i quali non è prevista una limitazione della potenza contrattuale da parte del Distributore) non è possibile applicare il dimensionamento dell'impianto di cui all'articolo 13; tale dimensionamento dell'impianto sarà determinato di volta in volta secondo i criteri della buona tecnica, tenendo conto delle norme CEI. In particolare le condutture devono essere calcolate in funzione della potenza impegnata che si ricava nel seguente modo:

**a)** potenza assorbita da ogni singolo utilizzatore (P1-P2-P3- ecc.) intesa come la potenza di ogni singolo utilizzatore (Pui) moltiplicata per un coefficiente di utilizzazione (Cui):

$$P_i = P_{ui} \times C_{ui};$$

**b)** potenza totale per la quale devono essere proporzionati gli impianti (Pt) intesa come la somma delle potenze assorbite da ogni singolo utilizzatore (P1-P2- P3- ecc.) moltiplicata per il coefficiente di contemporaneità (Cc):

$$P_t = (P_1+P_2+P_3+P_4+...+P_n) \times C_C.$$

Le condutture e le relative protezioni che alimentano i motori per ascensori e montacarichi devono essere dimensionate per una corrente pari a tre volte quella nominale del servizio continuativo; se i motori sono più di uno (alimentati dalla stessa conduttura) si applica il coefficiente della tabella 9 di cui al precedente art. 13.4.
La sezione dei conduttori sarà quindi scelta in relazione alla potenza da trasportare, tenuto conto del fattore di potenza, e alla distanza da coprire.
Si definisce corrente di impiego di un circuito (Ib) il valore della corrente da prendere in considerazione per la determinazione delle caratteristiche degli elementi di un circuito. Essa si calcola in base alla potenza totale ricavata dalle precedenti tabelle, alla tensione nominale e al fattore di potenza.
Si definisce portata a regime di un conduttore (Iz) il massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato. Essa dipende dal tipo di cavo e dalle condizioni di posa ed è indicata nella tabella UNEL 35024-70.
Il potere di interruzione degli interruttori automatici deve essere di almeno 4500 A a meno di diversa comunicazione dell'Ente distributore dell'energia elettrica. Gli interruttori automatici devono essere tripolari o quadripolari con 3 poli protetti.

## Art. 11. Disposizioni particolari per gli impianti di illuminazione

### Art. 11.1 Assegnazione dei valori di illuminazione

I valori medi di illuminazione da conseguire e da misurare – entro 60 giorni dall'ultimazione dei lavori – su un piano orizzontale posto a 0,80m dal pavimento, in condizioni di alimentazione normali, saranno precisati, per i valori locali, dalla Committenza e, a titolo orientativo, se ne indicano i valori minimi per i tipi più comuni degli ambienti sotto elencati:

| Valori medi di illuminazione per i tipi di ambienti più comuni | |
|---|---|
| stabilimenti con lavorazione grossolana | 150 lux |
| stabilimenti con lavorazione media | 250 lux |
| stabilimenti con lavorazione fine | 400 lux |
| magazzini, depositi | 100 lux |
| uffici in genere | 250 lux |
| uffici tecnici | 500 lux |
| grandi magazzini | 250 lux |
| banche | 250 lux |
| scuole | 250 lux |
| motel, autogrill | 150 lux |
| impianti sportivi | 300 lux |
| ospedali | 250 lux |
| locali di abitazione | 150 lux |
| corridoi, passaggi, scale | 100 lux |
| strade interne e zone pedonali, porticati, piazzali, misurati sul piano stradale | 10 lux |

Per quanto non contemplato si rimanda alle Raccomandazioni Internazionali CIE.
Negli ambienti chiusi è ammesso sul piano orizzontale a 0,80 m dal pavimento, un coefficiente di disuniformità (inteso come rapporto tra i valori massimo e minimo di illuminazione) non superiore a 2. Ove la Committenza intenda che per qualche ambiente il coefficiente di disuniformità debba avere valore diverso, dovrà farne esplicita richiesta.
In linea generale, ambienti adiacenti, fra i quali si hanno frequenti passaggi di persone dall'uno all'altro, non solo dovranno di norma avere differenze nei valori medi di illuminazione inferiori al 50%, ma la qualità dell'illuminazione dovrà essere la stessa o simile.
All'aperto, il coefficiente di disuniformità può raggiungere più elevati valori, fino a un massimo di 8, salvo particolari prescrizioni al riguardo.

**Art. 11.2 Tipo di illuminazione (o natura delle sorgenti)**
Il tipo di illuminazione sarà prescritto dalla Committenza, scegliendolo fra i sistemi più idonei, di cui, a titolo esemplificativo, si citano i seguenti:

- ad incandescenza;
- a fluorescenza dei vari tipi;
- a vapori di mercurio;
- a joduri metallici;
- a vapori di sodio.

In caso di appalto-concorso, le Ditte concorrenti possono, in variante, proporre qualche altro tipo che ritengano più adatto.
In ogni caso, i circuiti relativi a ogni accensione o gruppo di accensioni simultanee non dovranno avere un fattore di potenza a regime inferiore a 0,9 ottenibile eventualmente mediante rifasamento.
Devono essere presi opportuni provvedimenti per evitare l'effetto stroboscopico.

**Art. 11.3 Condizioni ambiente**
La Committenza fornirà piante e sezioni, in opportuna scala, degli ambienti da illuminare, dando indicazioni sul colore e tonalità delle pareti, del soffitto e del pavimento degli ambienti stessi, nonché ogni altra eventuale e opportuna indicazione.

**Art. 11.4 Apparecchi di illuminazione**
Gli apparecchi saranno dotati di schermi che possono avere compito di protezione e chiusura e/o di controllo ottico del flusso luminoso emesso dalla lampada.
Soltanto per ambienti con atmosfera pulita è consentito l'impiego di apparecchi aperti con lampada non protetta.
Gli apparecchi saranno in genere a flusso luminoso diretto per un miglior sfruttamento della luce emessa dalle lampade; per installazioni particolari, la Committenza potrà prescrivere anche apparecchi a flusso luminoso diretto-indiretto o totalmente indiretto.

**Art. 11.5 Ubicazione e disposizione delle sorgenti**
Particolare cura si dovrà porre all'altezza e al posizionamento di installazione, nonché alla schermatura delle sorgenti luminose per eliminare qualsiasi pericolo di abbagliamento diretto e indiretto.
In mancanza di indicazioni, gli apparecchi di illuminazione si intendono ubicati a soffitto con disposizione simmetrica e distanziati in modo da soddisfare il coefficiente di disuniformità consentito.
In locali di abitazione è tuttavia consentita la disposizione di apparecchi a parete (applique), per esempio, nelle seguenti circostanze:

- sopra i lavabi a circa 1,80 m dal pavimento;
- in disimpegni di piccole e medie dimensioni, sopra la porta.

**Art. 11.6 Flusso luminoso emesso**
Con tutte le condizioni imposte, sarà calcolato, per ogni ambiente, il flusso totale emesso in lumen, necessario per ottenere i valori di illuminazione in lux prescritti; per fare ciò si impiegheranno le tabelle dei coefficienti di utilizzazione dell'apparecchio di illuminazione previsto.
Dal flusso totale emesso si ricaverà il numero e il tipo delle sorgenti luminose; quindi il numero degli apparecchi di illuminazione in modo da soddisfare le prescrizioni dell'art. 14.5.

**Art. 11.7 Luce ridotta**
Per il servizio di luce ridotta, o notturna, sarà opportuno che l'alimentazione venga compiuta normalmente con circuito indipendente.

**Art. 11.8 Alimentazione dei servizi di sicurezza e alimentazione di emergenza**
Le alimentazioni dei servizi di sicurezza e di emergenza devono essere conformi alle norme CEI 64-8 in quanto applicabili.

**11.8.1 Alimentazione dei servizi di sicurezza**
È prevista per alimentare gli utilizzatori e i servizi indispensabili per la sicurezza delle persone, come ad esempio:

- lampade chirurgiche nelle camere operatorie[1];
- utenze vitali nei reparti chirurgia, rianimazione, cure intensive;
- luci di sicurezza scale, cabine di ascensori, passaggi, scuole, alberghi, case di riposo, comunque dove la sicurezza lo richieda;
- computer e/o altre apparecchiature contenenti memorie volatili.

Sono ammesse le seguenti sorgenti:

- batterie di accumulatori;
- pile;
- altri generatori indipendenti dall'alimentazione ordinaria;
- linea di alimentazione dell'impianto utilizzatore (ad esempio dalla rete pubblica di distribuzione) indipendente da quella ordinaria solo quando sia ritenuto estremamente improbabile che le due linee possono mancare contemporaneamente;
- gruppi di continuità.

[1]È raccomandabile l'adozione di un dispositivo che consenta di controllare l'efficienza della sorgente di energia per l'alimentazione di sicurezza prima dell'accensione della lampada chirurgica, l'andata fuori uso di un elemento illuminante della lampada chirurgica non deve compromettere la prosecuzione del lavoro.
L'intervento deve avvenire automaticamente.
L'alimentazione dei servizi di sicurezza è classificata, in base al tempo T entro cui è disponibile, nel modo seguente:

- $T = 0$: di continuità (per l'alimentazione di apparecchiature che non ammettono interruzione);
- $T < 0{,}15$ s : a interruzione brevissima;
- $0{,}15$ s $< T < 0{,}5$ s : a interruzione breve (ad es. per lampade di emergenza).

La sorgente di alimentazione deve essere installata a posa fissa in locale ventilato, accessibile solo a persone addestrate; questa prescrizione non si applica alle sorgenti incorporate negli apparecchi.
La sorgente di alimentazione dei servizi di sicurezza non deve essere utilizzata per altri scopi, salvo che per l'alimentazione di riserva, purché abbia potenza sufficiente per entrambi i servizi, e purché, in caso di sovraccarico, l'alimentazione dei servizi di sicurezza risulti privilegiata.
Qualora si impieghino accumulatori, la condizione di carica degli stessi deve essere garantita da una carica automatica e dal mantenimento della carica stessa. Il dispositivo di carica deve essere dimensionato in modo da effettuare entro 24 ore la ricarica (norme CEI 34-22).
Gli accumulatori non devono essere in tampone.
Il tempo di funzionamento garantito deve essere di almeno 3 ore.
Non devono essere usate batterie per auto o per trazione.
Qualora si utilizzino più sorgenti e alcune di queste non fossero previste per funzionare in parallelo devono essere presi provvedimenti per impedire che ciò avvenga.
L'alimentazione di sicurezza può essere a tensione diversa da quella dell'impianto; in ogni caso i circuiti relativi devono essere indipendenti dagli altri circuiti, cioè tali che un guasto elettrico, un intervento, una modifica su un circuito non comprometta il corretto funzionamento dei circuiti di alimentazione dei servizi di sicurezza.
A tale scopo può essere necessario utilizzare cavi multipolari distinti, canalizzazioni distinte, cassette di derivazione distinte o con setti separatori, materiali resistenti al fuoco, circuiti con percorsi diversi ecc.
Va evitato, per quanto possibile, che i circuiti dell'alimentazione di sicurezza attraversino luoghi con pericolo di incendio; quando ciò non sia praticamente possibile i circuiti devono essere resistenti al fuoco.
È vietato proteggere i circuiti di sicurezza contro i sovraccarichi.
La protezione contro i corto circuiti e contro i contatti diretti deve essere idonea nei confronti sia dell'alimentazione ordinaria, sia dell'alimentazione di sicurezza, o, se previsto, di entrambe in parallelo.
I dispositivi di protezione contro i corto circuiti devono essere scelti e installati in modo da evitare che una sovracorrente su un circuito comprometta il corretto funzionamento degli altri circuiti di sicurezza.
I dispositivi di protezione, comando e segnalazione devono essere chiaramente identificati e, a eccezione di quelli di allarme, devono essere posti in un luogo o locale accessibile solo a persone addestrate.
Negli impianti di illuminazione il tipo di lampade da usare deve essere tale da assicurare il ripristino del servizio nel tempo richiesto, tenuto conto anche della durata di commutazione dell'alimentazione.

Negli apparecchi alimentati da due circuiti diversi, un guasto su un circuito non deve compromettere né la protezione contro i contatti diretti e indiretti, né il funzionamento dell'altro circuito.
Tali apparecchi devono essere connessi, se necessario, al conduttore di protezione di entrambi i circuiti.

**11.8.2 Alimentazione di riserva**
È prevista per alimentare utilizzatori e servizi essenziali ma non vitali per la sicurezza delle persone, come ad esempio:

- luci notturne;
- illuminazione di sale per chirurgia, anestesia, rianimazione, cura intensiva, trattamenti terapeutici, fisiopatologici e radiologici, sale parto e patologia neonatale;
- laboratori per analisi urgenti;
- almeno un circuito luce esterna e un elevatore;
- condizionamento delle sale chirurgiche e terapia intensiva;
- centrale idrica;
- centri di calcolo;
- impianti telefonici, intercomunicanti, di segnalazione, antincendio, videocitofonico.

La sorgente di alimentazione di riserva, ad esempio un gruppo elettrogeno oppure un gruppo di continuità, deve entrare in funzione entro 15 s dall'istante di interruzione della rete.
L'alimentazione di riserva deve avere tensione e frequenza uguali a quelle di alimentazione dell'impianto.
La sorgente dell'alimentazione di riserva deve essere situata in luogo ventilato accessibile solo a persone addestrate.
Qualora si utilizzino più sorgenti e alcune di queste non fossero previste per funzionare in parallelo devono essere presi provvedimenti per impedire che ciò avvenga.
La protezione contro le sovracorrenti e contro i contatti diretti e indiretti deve essere idonea nei confronti sia dell'alimentazione ordinaria sia dell'alimentazione di riserva, o se previsto, di entrambe in parallelo.

**11.8.3 Luce di sicurezza fissa.**
Devono essere previsti apparecchi di illuminazione fissi secondo le norme CEI 34-22, in scale[1], cabine di ascensori, passaggi, scuole, alberghi, case di riposo, e comunque dove la sicurezza lo richieda.

[1] È raccomandabile l'adozione di un dispositivo che consenta di controllare l'efficienza della sorgente di energia per l'alimentazione di sicurezza.

**11.8.4 Luce di emergenza supplementare.**
Al fine di garantire un'illuminazione di emergenza in caso di black-out o in caso di intervento dei dispositivi di protezione, deve essere installata una luce di emergenza mobile in un locale posto preferibilmente in posizione centrale, diverso da quelli in cui è prevista l'illuminazione di emergenza di legge.
Tale luce deve avere una segnalazione luminosa per la segnalazione di «pronto all'emergenza».
In particolare nelle scuole e negli alberghi, nelle case di riposo ecc. deve essere installata una luce di emergenza principale, così come in tutte le cabine degli ascensori.

## Art. 12. Dispositivi particolari per impianti per servizi tecnologici e per servizi generali

Tutti gli impianti che alimentano utenze dislocate nei locali comuni devono essere derivati da un quadro sul quale devono essere installate le apparecchiature di sezionamento, comando e protezione.

**Art. 12.1. Quadro generale di protezione e distribuzione**
Detto quadro deve essere installato nel locale contatori e deve avere caratteristiche costruttive uguali a quelle prescritte ai successivi artt. 17.6, 17.7, 17.8 ed essere munito di sportello con serratura.
Sul quadro devono essere montati, ed elettricamente connessi, almeno le protezioni e il comando degli impianti descritti di seguito.

**Art. 12.2 Illuminazione scale, atri e corridoi comuni**
Le lampade di illuminazione devono essere comandate a mezzo di un relè temporizzatore modulare e componibile con le apparecchiature da incasso per montaggio in scatole rettangolari standard oppure di tipo modulare componibile con le apparecchiature prescritte al successivo art. 17.3.
Il comando del temporizzatore deve avvenire con pulsanti, luminosi e non, a due morsetti, installati nell'ingresso, nei corridoi e sui pianerottoli del vano scale.

Il relè temporizzatore deve consentire una regolazione del tempo di spegnimento, deve avere un commutatore per illuminazione temporizzata o permanente e contatti con portata di 10 A.

**Art. 12.3 Illuminazione cantine, solai e box comuni**

L'impianto elettrico in questi locali deve essere realizzato con l'impiego di componenti aventi grado di protezione minimo IP 44. Se l'energia consumata da dette utenze viene misurata dai contatori dei servizi comuni, l'impianto deve essere derivato dal quadro dei servizi generali. In caso contrario, da ciascun contatore partirà una linea adeguatamente protetta destinata all'alimentazione dei suddetti locali. Le prese fisse devono essere ubicate in posizioni tali da evitare la necessità di ricorrere a prolunghe e devono essere installate a un'altezza minima dal pavimento di 1,50 m.

Le diverse parti dell'impianto elettrico devono essere protette dagli urti da parte dei veicoli. Il gruppo di misura e gli interruttori generali devono essere installati in un vano privo di tubazioni e di contenitori di fluidi infiammabili. I componenti di cui sopra devono essere facilmente e rapidamente accessibili dall'esterno delle zone pericolose.

**Art. 12.4 Illuminazione esterna**

Le lampade destinate a illuminare zone esterne ai fabbricati devono essere alimentate dal quadro di servizi generali. I componenti impiegati nella realizzazione dell'impianto, nonché le lampade e gli accessori necessari devono essere protetti contro la pioggia, l'umidità e la polvere; salvo prescrizioni specifiche della Committenza, si dovrà raggiungere per gli apparecchi di illuminazione almeno il grado di protezione IP 55 per i gruppi ottici contenenti le lampade.

L'accensione delle lampade deve essere effettuata a mezzo di un interruttore programmatore (orario) con quadrante giornaliero, modulare e componibile con gli apparecchi montati nel quadro elettrico d'appartamento.

**Art. 12.5 Impianto alimentazione ascensori**

Le linee di alimentazione degli impianti elettrici degli ascensori e dei montacarichi devono essere indipendenti da quelle degli altri servizi e devono partire dal quadro servizi generali.

Le condutture e le protezioni devono essere proporzionate per una corrente pari a 3 volte quella nominale del servizio continuativo. Se i motori sono più di uno (alimentati dalla stessa conduttura) si deve applicare il coefficiente di riduzione della tabella 9 di cui all'art. 13.4.

Nel vano ascensore o montacarichi devono essere installate solo condutture appartenenti all'elevatore. L'impianto di allarme deve essere alimentato da una sorgente indipendente dalla alimentazione ordinaria ed essere separato per ogni ascensore (batterie caricate in tampone).

Nel caso di più ascensori deve essere possibile individuare la cabina da cui è partito l'allarme.

Nel locale macchina deve essere installato un quadro contenente gli interruttori automatici magnetotermici differenziali nonché gli interruttori e le lampade spia relative, per l'illuminazione del vano ascensori, del locale ecc.

Gli interruttori automatici magnetotermici differenziali possono essere installati nel quadro di distribuzione e altrove in modo da proteggere le condutture dedicate all'impianto.

Il quadro e gli apparecchi devono avere le caratteristiche descritte agli articoli 17.3, 17.6, 17.7, 17.8. In conformità all'art. 6 del DPR 1497 del 29 maggio 1963, nei fabbricati nei quali non vi è personale di custodia, deve essere previsto l'interruttore generale o il comando dell'interruttore installato in una custodia sotto vetro frangibile da disporsi al piano terreno in posizione facilmente accessibile.

L'interruttore può essere automatico oppure senza alcuna protezione; in qualsiasi caso la linea deve avere una protezione a monte.

Il quadretto deve permettere il fissaggio a scatto di interruttori magnetotermici e non automatici fino a 63 A.

L'impianto di messa a terra dell'ascensore o del montacarichi deve essere collegato all'impianto di terra del fabbricato, salvo diversa prescrizione in fase di collaudo dell'ascensore e del montacarichi stesso.

**Art. 12.6 Impianto alimentazione centrale termica**

L'impianto elettrico nelle centrali termiche deve essere realizzato in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 64-8.

È di competenza dell'installatore elettricista l'esecuzione dell'impianto riguardante:

a) l'alimentazione del quadro servizi generali dai gruppi di misura (contatori) al quadro all'interno del locale previo passaggio delle linee da uno o più interruttori installati in un quadretto con vetro frangibile e serratura posto all'esterno del locale vicino all'ingresso, per l'interruzione dell'alimentazione elettrica al quadro interno, secondo le disposizioni dei VVF;
b) il quadro interno al locale sul quale devono essere installate le protezioni della linea di alimentazione del bruciatore, della linea di alimentazione delle pompe e di altri eventuali utilizzatori;
c) l'illuminazione del locale.

Il resto dell'impianto deve essere eseguito in modo da rispettare le disposizioni di 37 legge sia per quanto riguarda i dispositivi di sicurezza sia per quanto riguarda i dispositivi di regolazione per fare in modo che la temperatura nei locali non superi i 20° C.

**Art. 12.7 Altri impianti**

a) Per l'alimentazione delle apparecchiature elettriche degli altri impianti relativi a servizi tecnologici come:
   - impianto di condizionamento dell'aria;
   - impianto di acqua potabile;
   - impianto sollevamento acque di rifiuto;
   - altri eventuali;

dovranno essere previste singole linee indipendenti, ognuna protetta in partenza dal quadro dei servizi generali mediante un proprio interruttore automatico differenziale.
Tali linee faranno capo ai quadri di distribuzione relativi all'alimentazione delle apparecchiature elettriche dei singoli impianti tecnologici.

b) Per tutti gli impianti tecnologici richiamati al precedente comma a), la Committenza indicherà se il complesso dei quadri di distribuzione per ogni singolo impianto tecnologico, i relativi comandi e controlli e le linee derivate in partenza dai quadri stessi, dovranno far parte dell'appalto degli impianti elettrici, nel qual caso preciserà tutti gli elementi necessari.

Nell'anzidetto caso, in corrispondenza a ognuno degli impianti tecnologici, dovrà venire installato un quadro ad armadio, per il controllo e la protezione di tutte le utilizzazioni precisate.
Infine, in partenza dai quadri, dovranno prevedersi i circuiti di alimentazione fino ai morsetti degli utilizzatori.

## Art. 13. Impianti di segnalazioni comuni per usi civili nell'interno dei fabbricati

**Art. 13.1. Disposizioni riguardanti gli impianti di segnalazioni acustiche e luminose**

a) Chiamate semplici a pulsante, con suoneria, ad esempio, per ingressi;
b) segnali d'allarme per ascensori e simili (obbligatori);
c) chiamate acustiche e luminose, da vari locali di una stessa utenza (appartamenti o raggruppamenti di uffici, cliniche ecc.);
d) segnalazioni di vario tipo, ad esempio, per richiesta di udienza, di occupato ecc.;
e) impianti per ricerca di persone;
f) dispositivo per l'individuazione delle cause di guasto elettrico.

**Art. 13.2 Alimentazione**

Per gli impianti del tipo b) è obbligatoria l'alimentazione con sorgente indipendente dall'alimentazione principale (con pile o batterie di accumulatori, aventi tensione da 6 a 24 V).
Per gli impianti del tipo a), c), d) l'alimentazione sarà a una tensione massima di 24 V fornita da un trasformatore di sicurezza montato in combinazione con gli interruttori automatici e le altre apparecchiature componibili.
In particolare, gli impianti del tipo a) saranno realizzati con impiego di segnalazioni acustiche modulari, singole o doppie con suono differenziato, con trasformatore incorporato per l'alimentazione e comando.
La diversificazione del suono consentirà di distinguere le chiamate esterne (del pulsante con targhetta fuori porta) da quelle interne (dei pulsanti a tirante ecc.). I dispositivi per le segnalazioni acustiche e i trasformatori si monteranno all'interno del contenitore d'appartamento.
In alternativa si potranno installare suonerie tritonali componibili nella serie da incasso, per la chiamata dal pulsante con targhetta e segnalatore di allarme (tipo BIP-BIP) e per la chiamata dal pulsante a tirante dei bagni.

**Art. 13.3 Trasformatori e loro protezioni**

La potenza effettiva nominale dei trasformatori non dovrà essere inferiore alla potenza assorbita dalle segnalazioni alimentate. Tutti i trasformatori devono essere conformi alle norme CEI 14-6.

**Art. 13.4 Circuiti**

I circuiti degli impianti considerati in questo articolo, le loro modalità di esecuzione, le cadute di tensione massime ammesse, nonché le sezioni e gli isolamenti minimi ammessi per i relativi conduttori, dovranno essere conformi a quanto riportato nell'art. 9.3, nonché completamente indipendenti da quelli di altri servizi. Si precisa inoltre che la sezione minima dei conduttori non deve essere comunque inferiore a 1 mm2.

**Art. 13.5 Materiale vario di installazione**
Per le prescrizioni generali si rinvia all'art. 17.
In particolare per questi impianti, vengono prescritte le seguenti condizioni:

a) **Pulsanti**
   Il tipo dei pulsanti sarà scelto in funzione del locale ove dovranno venire 39 installati; saranno quindi: a muro, da tavolo, a tirante – realizzato mediante cordone di materiale isolante – per i bagni, secondo le norme e le consuetudini.
   Gli allacciamenti per i pulsanti da tavolo saranno fatti a mezzo di scatole di uscita con morsetti, o mediante uscita passacavo, con estetica armonizzante con quella degli altri apparecchi.
b) **Segnalatori luminosi**
   I segnalatori luminosi debbono consentire un facile ricambio delle lampadine.

## Art. 14. Sistemi di prevenzione e segnalazione di fughe gas e incendi

**Art. 14.1 Generalità**
Per prevenire incidenti o infortuni dovuti a fughe di gas provocanti intossicazioni o esplosioni, o dovuti a incendi, si devono installare segnalatori di gas, di fumo e di fiamma.
I segnalatori di gas di tipo selettivo devono essere installati nei locali a maggior rischio ad altezze dipendenti dal tipo di gas.
L'installazione degli interruttori differenziali prescritti nell'art. 9.12 costituisce un valido sistema di prevenzione contro gli incendi per cause elettriche.
La Committenza indicherà preventivamente gli ambienti nei quali dovrà essere previsto l'impianto.

**Art. 14.2 Rilevatori e loro dislocazione**
A seconda dei casi, saranno impiegati: termostati, rilevatori di fumo e di gas o rilevatori di fiamma. La loro dislocazione e il loro numero devono essere determinati nella progettazione, in base al raggio d'azione di ogni singolo apparecchio. Gli apparecchi dovranno essere di tipo adatto (stagno, antideflagrante ecc.) all'ambiente in cui vanno installati.

**Art. 14.3 Centrale di comando**
Deve essere distinta da qualsiasi apparecchiatura di altri servizi.
Deve consentire la facile ispezione e manutenzione dell'apparecchiatura e dei circuiti.
Oltre ai dispositivi di allarme ottico e acustico azionati dai rilevatori di cui al precedente punto, la centrale di comando dovrà essere munita di dispositivi indipendenti per allarme acustico e ottico per il caso di rottura fili o per il determinarsi di difetti di isolamento dei circuiti verso terra e fra di loro.

**Art. 14.4 Allarme acustico generale supplementare**
Oltre che dell'allarme in centrale, si disporrà di un allarme costituito da mezzo acustico, installato all'esterno, verso la strada o il cortile, in modo da essere udito a largo raggio.
Tale allarme supplementare deve essere comandato in centrale da dispositivo di inserzione e disinserzione.

**Art. 14.5 Alimentazione dell'impianto**
Deve essere costituita da batteria di accumulatori generalmente a 24 V o 48 V, di opportuna capacità, per la quale dovranno essere osservate le disposizioni espresse al riguardo per le stazioni di energia.

**Art. 14.6 Circuiti**
Vale anche per gli impianti considerati in questo articolo quanto espresso al punto 4 del precedente art. 10.

## Art. 15. Impianti di antenne collettive per ricezione radio e televisione

L'impianto e i relativi componenti devono essere realizzati in conformità alle norme CEI 12-13 e CEI 12-15.

**Art. 15.1 Requisiti**
I requisiti fondamentali ai quali dovranno uniformarsi la progettazione e la realizzazione di un impianto collettivo di antenna sono:

- massimo rendimento;
- ricezione esente da riflessioni e disturbi;
- separazione tra le utilizzazioni che non dovranno influenzarsi e disturbarsi a vicenda.

Onde i sopracitati requisiti siano soddisfatti, occorrerà prevedere un adeguato amplificatore del segnale, in relazione al numero delle derivazioni di utilizzazione che sarà stato precisato dalla Committenza.

**Art. 15.2 Scelta dell'antenna**
Nella scelta e installazione dell'antenna, si dovrà tener conto che l'efficienza della stessa è determinata dalla rigorosa valutazione di fattori che variano per ogni singolo caso e di cui si esemplificano i principali:

- intensità dei segnali in arrivo;
- lunghezza d'onda (gamma di frequenza);
- altezza del fabbricato sulla cui sommità dovrà essere installata l'antenna;
- influenza dei fabbricati vicini;
- estensione dell'impianto;
- numero delle utenze;
- direzione presunta di provenienza dei disturbi.

Per una valutazione più appropriata si dovrà inoltre tener conto delle caratteristiche proprie dell'antenna e cioè: guadagno, angolo di apertura e rapporto tra sensibilità nella direzione di ricezione e quella opposta.
Il guadagno dovrà pertanto essere elevato, pur con angoli di apertura orizzontale e verticale ridotti al minimo per limitare l'azione dei campi disturbati provenienti da direzioni diverse da quella del trasmettitore.
Ove ne sia il caso, un più elevato guadagno potrà conseguirsi con l'inserzione di amplificatori A.F.

**Art. 15.3 Caratteristiche delle antenne e loro installazione**
Gli elementi dell'antenna saranno di leghe leggere inossidabili, particolarmente studiate per resistere alle sollecitazioni atmosferiche, mentre i sostegni saranno di acciaio zincato. I punti di giunzione dei collegamenti dovranno essere racchiusi in custodie di materie plastiche, mentre tutte le viti di contatto saranno di leghe inossidabili. Si dovranno prevedere ancoraggi elastici dei conduttori, onde evitare strappi anche con il più forte vento. L'installazione dell'antenna dovrà essere realizzata in conformità alle disposizioni legislative che disciplinano l'uso degli aerei esterni per le audizioni radiofoniche e alle norme CEI 12-15. In particolare, le antenne dovranno avere la massima stabilità onde evitare danni a persone e a cose e pertanto i sostegni verticali saranno opportunamente controventati con margine di sicurezza per la spinta del vento e per l'aumento di sollecitazioni per ghiaccio e neve. L'antenna non dovrà essere posta in vicinanza di linee elettriche o telefoniche, sia per norme di sicurezza che per evitare disturbi nella ricezione. I sostegni dovranno essere collegati a terra secondo le prescrizioni delle norme CEI 81-1, in casi di presenza di impianto di protezione contro le scariche atmosferiche, mentre, in caso contrario, secondo le norme CEI 12-15.

**Art. 15.4 Rete di collegamento**
La rete di collegamento con le prese di antenna sarà costituita da cavo schermato bilanciato, o da cavo coassiale (in relazione al sistema adottato), posti entro canalizzazioni in tubo di acciaio smaltato, o tipo mannesman, o di materie plastiche. Il criterio da osservare nella progettazione, perché l'impianto sia efficiente, sarà di disporre i montanti sulla verticale della posizione stabilita per le derivazioni delle utenze.
I valori relativi all'impedenza caratteristica e all'attenuazione dei cavi impiegati dovranno essere compresi entro i limiti dipendenti dal tipo di antenna prescelto.

**Art. 15.5 Presa d'antenna**
Le prese d'antenna per derivazione alle utenze delle radio e telediffusioni dovranno essere del tipo adatto e dovranno appartenere alla stessa serie di tutte le altre apparecchiature da incasso.

**Art. 16. Predisposizione dell'impianto telefonico**
In ogni alloggio, ufficio e locali similari dovranno essere previste le tubazioni destinate a contenere i cavi telefonici. L'appaltatore dovrà provvedere all'installazione delle tubazioni, delle scatole di derivazione delle scatole porta prese in conformità alle norme CEI e alle eventuali disposizioni della Telecom.
L'impianto telefonico (e per filodiffusione) deve essere separato da ogni altro impianto.

# CAPO 9. QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI – CONSEGNA ED ESECUZIONE DEI LAVORI – VERIFICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA DEGLI IMPIANTI

## Art. 17. Qualità e caratteristiche dei materiali

**Art. 17.1 Generalità**

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle relative norme CEI e alle tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano.
Per i materiali la cui provenienza è prescritta dalle condizioni del presente Capitolato Speciale, potranno pure essere richiesti i campioni, sempre che siano materiali di normale produzione.
Nella scelta dei materiali è raccomandata la preferenza ai prodotti nazionali o comunque a quelli dei Paesi della CE.
Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

**Art. 17.2 Comandi (interruttori, deviatori, pulsanti e simili) e prese a spina**
Sono da impiegarsi apparecchi da incassi modulari e componibili.
Gli interruttori devono avere portata di 16 A; negli edifici residenziali è ammesso l'uso di interruttori di portata di 10 A; le prese devono essere di sicurezza con alveoli schermati e far parte di una serie completa di apparecchi atti a realizzare impianti di segnalazione, impianti di distribuzione sonora negli ambienti ecc.
La serie deve consentire l'installazione di almeno 3 apparecchi interruttori nella scatola rettangolare normalizzata, mentre, per impianti esistenti, deve preferibilmente essere adatta anche al montaggio in scatola rotonda normalizzata.
I comandi e le prese devono eventualmente anche poter essere installati su scatole da parete con grado di protezione IP 40 e/o IP 55.

**17.2.1 Apparecchi di comando in edifici a destinazione sociale**
Nelle costruzioni a carattere collettivo-sociale aventi interesse amministrativo, culturale, giudiziario, economico e comunque in edifici in cui si svolgono attività comunitarie, le apparecchiature di comando devono essere installate a un'altezza massima di 0,90 m dal pavimento.
Devono essere inoltre facilmente individuabili e visibili anche in caso di illuminazione nulla (apparecchi con tasti fosforescenti): vedere DPR n. 384 del 27 aprile 1978.

**17.2.2 Prese di corrente**
Le prese di corrente che alimentano utilizzatori elettrici con forte assorbimento (lavatrice, lavastoviglie, cucina ecc.) devono avere un proprio dispositivo di protezione di sovracorrente, interruttore bipolare con fusibile sulla fase o interruttore magnetotermico.

**Art. 17.3 Apparecchiature modulari con modulo normalizzato**
Le apparecchiature installate nei quadri di comando e negli armadi devono essere del tipo modulare e componibili con fissaggio a scatto su profilato preferibilmente normalizzato EN 50022 (norme CEI 17-18).
In particolare:

- **a)** gli interruttori automatici magnetotermici da 1 a 100 A devono essere modulari e componibili con potere di interruzione fino a 6000 A, salvo casi particolari;
- **b)** tutte le apparecchiature necessarie per rendere efficiente e funzionale l'impianto (ad esempio, trasformatori, suonerie, portafusibili, lampade di segnalazione, interruttori programmatori, prese di corrente CE ecc.) devono essere modulari e accoppiabili nello stesso quadro con gli interruttori automatici di cui al punto a);
- **c)** gli interruttori con relè differenziali fino a 80 A devono essere modulari e appartenere alla stessa serie di cui ai punti a) e b), nonché essere del tipo ad azione diretta;
- **d)** gli interruttori magnetotermici differenziali tetrapolari con 3 poli protetti fino a 63 A devono essere modulari e dotati di un dispositivo che consenta la visualizzazione dell'avvenuto intervento e permetta preferibilmente di distinguere se detto intervento è provocato dalla protezione magnetotermica o dalla protezione differenziale. È ammesso l'impiego di interruttori differenziali puri purché abbiano un potere di interruzione con dispositivo associato di almeno 4500 A;
- **e)** il potere di interruzione degli interruttori automatici deve essere garantito sia in caso di alimentazione dai morsetti superiori (alimentazione dall'alto) sia in caso di alimentazione dai morsetti inferiori (alimentazione dal basso).

Gli interruttori di cui alle lettere c) e d) devono essere conformi alle norme CEI 23-18 e interamente assiemati a cura del costruttore.

**Art. 17.4 Interruttori scatolati**
Onde agevolare le installazioni sui quadri e l'intercambiabilità, è preferibile che gli apparecchi da 100 a 250 A abbiano le stesse dimensioni d'ingombro.
Nella scelta degli interruttori posti in serie, va considerato il problema della selettività nei casi in cui sia di particolare importanza la continuità del servizio.

Il potere di interruzione deve essere dato nella categoria di prestazione P2 (norme CEI 17-5) onde garantire un buon funzionamento anche dopo 3 corto circuiti con corrente pari al potere di interruzione.
Gli interruttori differenziali devono essere disponibili nella versione normale e in quella con intervento ritardato per consentire la selettività con altri interruttori differenziali installati a valle.

**Art. 17.5 Interruttori automatici modulari con alto potere di interruzione**
Qualora vengano usati interruttori modulari negli impianti elettrici che presentano correnti di c. c. elevate (fino a 30 KA), gli interruttori automatici magnetotermici fino a 63 A devono avere adeguato potere di interruzione in categoria di impiego P2 (norme CEI 15-5 e art. 9.15 del presente capitolato).

**Art. 17.6 Quadri di comando e distribuzione in lamiera**

**17.6.1 I quadri di comando devono essere muniti di profilati per il fissaggio a scatto delle apparecchiature elettriche**
Detti profilati devono essere rialzati dalla base per consentire il passaggio dei conduttori di cablaggio.
Gli apparecchi installati devono essere protetti da pannelli di chiusura preventivamente lavorati per far sporgere l'organo di manovra delle apparecchiature.
I quadri della serie devono essere costruiti in modo tale da poter essere installati da parete o da incasso, senza sportello, con sportello trasparente o in lamiera, con serratura a chiave, a seconda della decisione della Direzione Lavori.
Il grado di protezione minimo deve essere IP 30 e comunque adeguato all'ambiente.

**17.6.2 I quadri di comando di grandi dimensioni e gli armadi di distribuzione devono appartenere a una serie di elementi componibili di larghezza e di profondità adeguate.**
Gli apparecchi installati devono essere protetti da pannelli di chiusura preventivamente lavorati per far sporgere l'organo di manovra delle apparecchiature e deve essere prevista la possibilità di individuare le funzioni svolte dalle apparecchiature.
Sugli armadi deve essere possibile montare porte trasparenti o cieche con serratura a chiave. Sia la struttura che le porte devono essere realizzate in modo da permettere il montaggio delle porte stesse con l'apertura destra o sinistra.
Il grado di protezione minimo deve essere IP 30.

**Art. 17.7 Quadri di comando e di distribuzione in materiale isolante**
Negli ambienti in cui la Committenza lo ritiene opportuno, al posto dei quadri in lamiera, si dovranno installare quadri in materiale isolante.
Questi devono avere attitudine a non innescare l'incendio al verificarsi di un riscaldamento eccessivo secondo la tabella di cui all' art. 134.1.6 delle norme CEI 64-8, e comunque, qualora si tratti di quadri non incassati, devono avere una resistenza alla prova del filo incandescente (glow-fire) non inferiore a 650 °C.
I quadri devono essere composti da cassette isolanti, con piastra portapparecchi estraibile per consentire il cablaggio degli apparecchi in officina, essere disponibili con grado di protezione adeguato all'ambiente di installazione e comunque non inferiore a IP 30, nel qual caso il portello deve avere apertura a 180 gradi.
Questi quadri devono consentire un'installazione del tipo a doppio isolamento.

**Art. 17.8 Quadri elettrici da appartamento o similari**
All'ingresso di ogni appartamento deve essere installato un quadro elettrico composto da una scatola da incasso in materiale isolante, un supporto con profilato normalizzato per fissaggio a scatto degli apparecchi da installare e un coperchio con o senza portello.
Le scatole di detti contenitori devono avere profondità e larghezza tale da consentire il passaggio di conduttori lateralmente, per alimentazione a monte degli automatici divisionari.
I coperchi devono avere fissaggio a scatto, mentre quelli con portello devono avere il fissaggio a vite per una migliore tenuta.
I quadri in materiale plastico devono avere attitudine a non innescare l'incendio in caso di riscaldamento eccessivo, secondo la tabella di cui all'art. 134.1.6 delle norme CEI 64-8.
I quadri elettrici d'appartamento devono essere adatti all'installazione delle apparecchiature prescritte, già descritte al paragrafo 17.3.

**17.8.1 Istruzioni per l'utente**
I quadri elettrici devono essere preferibilmente dotati di istruzioni semplici e facilmente accessibili, atte a dare all'utente informazioni sufficienti per il comando e l'identificazione delle apparecchiature nonché a individuare le cause del guasto elettrico.

L'individuazione può essere effettuata tramite le stesse apparecchiature o a mezzo di dispositivi separati.
Qualora il dispositivo abbia una lampada di emergenza incorporata, può essere omessa l'illuminazione di emergenza prevista al punto 17.8.2.

**17.8.2 Illuminazione di sicurezza**
Al fine di consentire all'utente di manovrare con sicurezza le apparecchiature installate nei quadri elettrici, anche in situazioni di pericolo, in ogni unità abitativa devono essere installate una o più lampade di emergenza fisse o estraibili, ricaricabili e con un'autonomia minima di 1 ora.

**Art. 17.9 Prove dei materiali**
La Committenza indicherà preventivamente eventuali prove da eseguirsi, in fabbrica o presso laboratori specializzati da precisarsi, sui materiali da impiegarsi negli impianti oggetto dell'appalto.
Le spese inerenti a tali prove non faranno carico alla Committenza, la quale si assumerà le sole spese per fare eventualmente assistere alle prove propri incaricati.
Non saranno in genere richieste prove per i materiali contrassegnati con il Marchio di Qualità Italiano o equivalenti ai sensi della legge n. 791 del 18 ottobre 1977.

**Art. 17.10 Accettazione e norme per la misurazione**

**1. Accettazione**
I materiali dei quali sono stati richiesti i campioni potranno essere posti in opera solo dopo l'accettazione da parte della Committenza, la quale dovrà dare il proprio responso entro 7 giorni dalla presentazione dei campioni, in difetto di che il ritardo graverà sui termini di consegna delle opere.
Le parti si accorderanno per l'adozione, per i prezzi e per la consegna, qualora nel corso dei lavori si dovessero usare materiali non contemplati nel contratto.
La Ditta appaltatrice non dovrà porre in opera materiali rifiutati dalla Committenza, provvedendo quindi ad allontanarli dal cantiere.

**2. Norme per la misurazione**
*a) Canalizzazioni e cavi*
– I tubi di protezione, le canalette portacavi, i condotti sbarre, il piatto di ferro zincato per le reti di terra, saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera.
Sono comprese le incidenze per gli sfridi e per i mezzi speciali per gli spostamenti, raccordi, supporti, staffe, mensole e morsetti di sostegno ed il relativo fissaggio a parete con tasselli ad espansione.
– I cavi multipolari o unipolari di MT e di BT saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, aggiungendo 1 *m* per ogni quadro al quale essi sono attestati.
Nei cavi unipolari o multipolari di MT e di BT sono comprese le incidenze per gli sfridi, i capi corda ed i marca cavi, esclusi i terminali dei cavi di MT.
– I terminali dei cavi a MT saranno valutati a numero. Nel prezzo dei cavi di MT sono compresi tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei terminali stessi.
– I cavi unipolari isolati saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo in opera, aggiungendo 30 *cm* per ogni scatola o cassetta di derivazione e 20 cm per ogni scatola da frutto.
Sono comprese le incidenze per gli sfridi, morsetti volanti fino alla sezione di 6 $mm^2$, morsetti fissi oltre tale sezione.
– Le scatole, le cassette di derivazione ed i box telefonici, saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologia e dimensione.
Nelle scatole di derivazione stagne sono compresi tutti gli accessori quali passacavi, pareti chiuse, pareti a cono, guarnizioni di tenuta, in quelle dei box telefonici sono comprese le morsettiere.

*b) Apparecchiature in generale e quadri elettrici*
– Le apparecchiature in generale saranno valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e portata entro i campi prestabiliti.
Sono compresi tutti gli accessori per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.
– I quadri elettrici saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche e tipologie in funzione di:
- superficie frontale della carpenteria e relativo grado di protezione (IP);
- numero e caratteristiche degli interruttori, contattori, fusibili, ecc.

Nei quadri la carpenteria comprenderà le cerniere, le maniglie, le serrature, i pannelli traforati per contenere le apparecchiature, le etichette, ecc.
Gli interruttori automatici magnetotermici o differenziali, i sezionatori ed i contattori da quadro, saranno distinti secondo le rispettive caratteristiche e tipologie quali:
a) il numero dei poli;

b) la tensione nominale;
c) la corrente nominale;
d) il potere di interruzione simmetrico;
e) il tipo di montaggio (contatti anteriori, contatti posteriori, asportabili o sezionabili su carrello); comprenderanno l'incidenza dei materiali occorrenti per il cablaggio e la connessione alle sbarre del quadro e quanto occorre per dare l'interruttore funzionante.
– I corpi illuminanti saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e potenzialità.
Sono comprese le lampade, i portalampade e tutti gli accessori per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.
– I frutti elettrici di qualsiasi tipo saranno valutati a numero di frutto montato.
Sono escluse le scatole, le placche e gli accessori di fissaggio che saranno valutati a numero.
Impianti ascensori e montacarichi
Gli impianti saranno valutati a corpo per ciascun impianto.
Nel prezzo a corpo sono compresi tutti i materiali e prestazioni di manodopera specializzata necessari per dare l'impianto completo e funzionante.
Opere di assistenza agli impianti
Le opere e gli oneri di assistenza di tutti gli impianti compensano e comprendono le seguenti prestazioni:
– scarico dagli automezzi, collocazione in loco compreso il tiro in alto ai vari piani e sistemazione in magazzino di tutti i materiali pertinenti agli impianti;
– apertura e chiusura di tracce, predisposizione e formazione di fori ed asole su murature e strutture di calcestruzzo armato;
– muratura di scatole, cassette, sportelli, controtelai di bocchette, serrande e griglie, guide e porte ascensori;
– fissaggio di apparecchiature in genere ai relativi basamenti e supporti;
– formazione di basamenti di calcestruzzo o muratura e, ove richiesto, la interposizione di strato isolante, baggioli, ancoraggi di fondazione e nicchie;
– manovalanza e mezzi d'opera in aiuto ai montatori per la movimentazione inerente alla posa in opera di quei materiali che per il loro peso e/o volume esigono tali prestazioni;
– i materiali di consumo ed i mezzi d'opera occorrenti per le prestazioni di cui sopra;
– il trasporto alla discarica dei materiali di risulta delle lavorazioni;
– scavi e rinterri relativi a tubazioni od apparecchiature poste interrate;
– ponteggi di servizio interni ed esterni;
– le opere e gli oneri di assistenza agli impianti dovranno essere calcolati in ore lavoro sulla base della categoria della manodopera impiegata e della quantità di materiali necessari e riferiti a ciascun gruppo di lavoro.

## Art. 18. Verifiche e prove in corso d'opera degli impianti

Durante il corso dei lavori, la Committenza si riserva di eseguire verifiche e prove preliminari sugli impianti o parti degli stessi, in modo da poter tempestivamente intervenire qualora non fossero rispettate le condizioni del presente Capitolato Speciale e del progetto approvato. Le verifiche potranno consistere nell'accertamento della rispondenza dei materiali impiegati con quelli stabiliti, nel controllo delle installazioni secondo le disposizioni convenute (posizioni, percorsi ecc.), nonché in prove parziali di isolamento e di funzionamento e in tutto quello che può essere utile allo scopo sopra accennato. Dei risultati delle verifiche e delle prove preliminari di cui sopra, si dovrà compilare regolare verbale.

# CAPO 10. DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI IL MODO DI COLLAUDARE I LAVORI, GARANZIA

## Art. 19. Verifica provvisoria, consegna e norme per il collaudo degli impianti

### Art. 19.1 Verifica provvisoria e consegna degli impianti

Dopo l'ultimazione dei lavori e il rilascio del relativo certificato da parte della Direzione dei lavori, la Committenza ha la facoltà di prendere in consegna gli impianti, anche se il collaudo definitivo degli stessi non abbia ancora avuto luogo.
In tal caso, però, la presa in consegna degli impianti da parte della Committenza dovrà essere preceduta da una verifica provvisoria degli stessi, che abbia esito favorevole.
Qualora la Committenza non intenda avvalersi della facoltà di prendere in consegna gli impianti ultimati prima del collaudo definitivo, può disporre affinché dopo il rilascio del certificato di ultimazione dei lavori si proceda alla verifica provvisoria degli impianti.

È pure facoltà della Ditta appaltatrice chiedere che, nelle medesime circostanze, la verifica provvisoria degli impianti abbia luogo.
La verifica provvisoria accerterà che gli impianti siano in condizione di poter funzionare normalmente, che siano state rispettate le vigenti norme di legge per la prevenzione degli infortuni e in particolare dovrà controllare:

- lo stato di isolamento dei circuiti;
- la continuità elettrica dei circuiti;
- il grado di isolamento e le sezioni dei conduttori;
- l'efficienza dei comandi e delle protezioni nelle condizioni del massimo carico previsto;
- l'efficienza delle protezioni contro i contatti indiretti.

La verifica provvisoria ha lo scopo di consentire, in caso di esito favorevole, l'inizio del funzionamento degli impianti a uso degli utenti ai quali sono destinati. A ultimazione della verifica provvisoria, la Committenza prenderà in consegna gli impianti con regolare verbale.

### Art. 19.2 Collaudo definitivo degli impianti

Il collaudo definitivo dovrà accertare che gli impianti e i lavori, per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e la funzionalità siano in tutto corrispondenti a quanto precisato nel presente Capitolato Speciale, tenuto conto di eventuali modifiche concordate in sede di aggiudicazione dell'appalto o nel corso dell'esecuzione dei lavori.
Si dovrà procedere alle seguenti verifiche di collaudo:

- rispondenza alle disposizioni di legge;
- rispondenza alle prescrizioni dei Vigili del Fuoco;
- rispondenza alle prescrizioni particolari concordate in sede di offerta;
- rispondenza alle norme CEI relative al tipo di impianto, come di seguito descritto.

In particolare, nel collaudo definitivo dovranno effettuarsi le seguenti verifiche:

**a)** che siano state osservate le norme tecniche generali di cui ai punti 1, 2, 3, dell'art. 9 del presente Capitolato Speciale;
**b)** che gli impianti e i lavori siano corrispondenti a tutte le richieste e alle preventive indicazioni, richiamate nel par. 2 dell'art. 4, inerenti lo specifico appalto, precisate dall'Committenza nella lettera di invito alla gara o nel disciplinare tecnico a base della gara, purché risultino confermate – in caso di appalto-concorso – nel progetto-offerta della Ditta aggiudicataria e non siano state concordate modifiche in sede di aggiudicazione dell'appalto;
**c)** gli impianti e i lavori corrispondano inoltre a tutte quelle eventuali modifiche concordate in sede di aggiudicazione dell'appalto;
**d)** i materiali impiegati nell'esecuzione degli impianti, dei quali, in base a quanto indicato nell'art. 5, siano stati presentati i campioni, siano corrispondenti ai campioni stessi;
**e)** inoltre, nel collaudo definitivo dovranno ripetersi i controlli prescritti per la verifica provvisoria. Anche del collaudo definitivo verrà redatto regolare verbale.

#### 19.2.1 Esame a vista

Deve essere eseguita un'ispezione visiva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle Norme generali, delle Norme degli impianti di terra e delle Norme particolari riferentesi all'impianto installato. Il controllo deve accertare che il materiale elettrico, che costituisce l'impianto fisso, sia conforme alle relative Norme, sia stato scelto correttamente e installato in modo conforme alle prescrizioni normative e non presenti danni visibili che ne possano compromettere la sicurezza.
Tra i controlli a vista devono essere effettuati i controlli relativi a:
protezioni, misura di distanze nel caso di protezione con barriere;
presenza di adeguati dispositivi di sezionamento e interruzione, polarità, scelta del tipo di apparecchi e misure di protezione adeguate alle influenze esterne, identificazione dei conduttori di neutro e protezione, fornitura di schemi, cartelli ammonitori, identificazione di comandi e protezioni, collegamenti dei conduttori.
È opportuno che tali esami inizino durante il corso dei lavori.

#### 19.2.2 Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione

Si deve verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; inoltre si deve verificare che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

### 19.2.3 Verifica delle stabilità dei cavi

Si deve estrarre uno o più cavi dal tratto di tubo o condotto compreso tra due cassette o scatole successive e controllare che questa operazione non abbia provocato danneggiamenti agli stessi. La verifica va eseguita su tratti di tubo o condotto per una lunghezza pari complessivamente a una percentuale compresa tra l'1% e il 5% della lunghezza totale. A questa verifica prescritta dalle norme CEI 11-11 (Impianti elettrici degli edifici civili) si devono aggiungere, per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e nelle costruzioni modulari, le verifiche relative al rapporto tra diametro interno del tubo o condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto, e al dimensionamento dei tubi o condotti. Quest'ultima verifica si deve effettuare a mezzo di apposita sfera come descritto nelle norme CEI per gli impianti sopraddetti.

### 19.2.4 Misura della resistenza di isolamento

Si deve eseguire con l'impiego di un ohmmetro la cui tensione continua sia di circa 125 V, nel caso di muratura su parti di impianto di categoria O, oppure su parti di impianto alimentate a bassissima tensione di sicurezza, e di circa 500 V, nel caso di misura su parti di impianto di 1a categoria.
La misura si deve effettuare tra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) e il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro e, durante lo svolgimento della stessa, gli apparecchi utilizzatori devono essere disinseriti. La misura è relativa a ogni circuito, intendendosi per circuito la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.
I valori minimi ammessi per costruzioni tradizionali sono:

- 400.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50 V.

I valori minimi ammessi per costruzioni prefabbricate sono:

- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 150.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50 V.

### 19.2.5 Misura delle cadute di tensione

La misura delle cadute di tensione deve essere eseguita tra il punto di inizio dell'impianto e il punto scelto per la prova; si inseriscono un voltmetro nel punto iniziale ed un altro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).
Devono essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente: nel caso di apparecchiature con assorbimento di corrente istantaneo si fa riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione delle sezioni delle condutture.
Le letture dei due voltmetri si devono eseguire contemporaneamente e si deve procedere poi alla determinazione della caduta di tensione percentuale.

### 19.2.6 Verifica delle protezioni contro i corto circuiti e i sovraccarichi

Si deve controllare che:

- il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i cortocircuiti sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;
- la taratura degli apparecchi di protezione contro i sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

### 19.2.7 Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti.

Devono essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (norme CEI 64-8).
Si ricorda che per gli impianti soggetti alla disciplina del D.Lgs. 81/2008 va redatta e inviata la dichiarazione di conformità in accordo a quanto specificato dal DPR 462/01.
Si devono effettuare le seguenti verifiche:

**a)** esame a vista dei conduttori di terra e di protezione. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori che delle giunzioni. Occorre inoltre controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
**b)** misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, che andrà effettuata con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione, che vanno posti a una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro. Si possono ritenere ubicati

in modo corretto quando siano sistemati a una distanza dal suo contorno pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso; quest'ultima, nel caso di semplice dispersore a picchetto, può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza deve essere mantenuta tra la sonda di tensione e il dispositivo ausiliario;

**c)** controllo, in base ai valori misurati, del coordinamento degli stessi con l'intervento nei tempi previsti dei dispositivi di massima corrente o differenziale. Per gli impianti con fornitura in media tensione, detto valore va controllato in base a quello della corrente convenzionale di terra, da richiedersi al distributore di energia elettrica;

**d)** quando occorre, misure delle tensioni di contatto e di passo, che vengono di regola eseguite da professionisti, ditte o enti specializzati. Le Norme CEI 64-8 forniscono le istruzioni necessarie per effettuare le suddette misure;

**e)** nei locali da bagno, la verifica della continuità del collegamento equipotenziale tra le tubazioni metalliche di adduzione e di scarico delle acque, tra le tubazioni e gli apparecchi sanitari, tra il collegamento equipotenziale e il conduttore di protezione. Tale controllo è da eseguirsi prima della muratura degli apparecchi sanitari.

**Art. 19.3 Norme generali comuni per le verifiche in corso d'opera, per la verifica provvisoria e per il collaudo definitivo degli impianti**

**a)** Per le prove di funzionamento e di rendimento delle apparecchiature e degli impianti, prima di iniziarle, il collaudatore dovrà verificare che le caratteristiche della corrente di alimentazione, disponibile al punto di consegna (specialmente tensione, frequenza e potenza), siano conformi a quelle previste nel presente Capitolato Speciale d'appalto e cioè a quelle in base alle quali furono progettati ed eseguiti gli impianti.
Qualora le anzidette caratteristiche della corrente di alimentazione (se non prodotta da centrale facente parte dell'appalto) all'atto delle verifiche o del collaudo non fossero conformi a quelle contrattualmente previste, le prove dovranno essere rinviate a quando sia possibile disporre di corrente d'alimentazione avente tali caratteristiche, purché ciò non implichi dilazione della verifica provvisoria o del collaudo definitivo superiore a un massimo di 15 giorni.
Nel caso vi sia al riguardo impossibilità dell'Azienda elettrica distributrice o qualora l'Committenza non intenda disporre per modifiche atte a garantire un normale funzionamento degli impianti con la corrente di alimentazione disponibile, potranno egualmente aver luogo sia le verifiche in corso d'opera, sia la verifica provvisoria a ultimazione dei lavori, sia il collaudo definitivo.
Il Collaudatore, tuttavia, dovrà tenere conto, nelle verifiche di funzionamento e nella determinazione dei rendimenti, delle variazioni delle caratteristiche della corrente disponibile per l'alimentazione rispetto a quelle contrattualmente previste secondo le quali gli impianti sono stati progettati ed eseguiti.

**b)** Per le verifiche in corso d'opera, per quella provvisoria a ultimazione dei lavori e per il collaudo definitivo, la Ditta appaltatrice è tenuta, a richiesta della Committenza, a mettere a disposizione normali apparecchiature e strumenti adatti per le misure necessarie, senza potere per ciò accampare diritti a maggiori compensi.

**c)** Se in tutto o in parte gli apparecchi utilizzatori e le sorgenti di energia non sono inclusi nelle forniture comprese nell'appalto, spetterà alla Committenza provvedere a quelli di propria competenza qualora essa desideri che le verifiche in corso d'opera, quella provvisoria a ultimazione dei lavori e quella di collaudo definitivo, ne accertino la funzionalità.

## Art. 20. Garanzia degli impianti

L'Appaltatore ha l'obbligo di garantire gli impianti eseguiti per un periodo di 12 mesi dalla data di approvazione del certificato di collaudo.
Si intende per garanzia degli impianti, entro il termine precisato, l'obbligo che incombe alla Ditta appaltatrice di riparare tempestivamente, a sue spese, comprese quelle di verifica tutti i guasti e le imperfezioni che si dovessero manifestare negli impianti per effetto della non buona qualità dei materiali