



CITTA' DI TORINO

VICE DIREZIONE GENERALE INGEGNERIA
SERVIZIO EDIFICI MUNICIPALI

RESTAURO MURAZZI DEL PO
INTERVENTI DI SISTEMAZIONE MANUFATTI ESTERNI



Progetto architettonico: arch. Dario SARDI
arch. Cristina BANFO
arch. Eleonora MANFREDI

Progetto strutturale: ing. Stefano MELUZZI
CMC Ingegneri Associati
via della Rocca 15, Torino

Collaboratore: geom. Fabrizio NEGRO

Consulenza per il restauro: arch. Federico FONTANA
c.so Matteotti 3 bis – Torino

Coordinatore per la Sicurezza: ing. Alberto VESPA

*Responsabile del procedimento
e Dirigente Settore Tecnico:* arch. Dario SARDI

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
PRESCRIZIONI TECNICHE

DATA

novembre 2013
REV. gennaio 2014

ELABORATO

CSA-T

Sommario

Capitolo 1	DATI GENERALI DELL' APPALTO.....	4
Art. 1	Oggetto dell'appalto	4
Art. 2	Prescrizioni particolari relative all'organizzazione del cantiere	4
Art. 3	Descrizione delle opere.....	5
Capitolo 2	NORME SULL' ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E PROVE DA ESEGUIRSI IN CORSO D'OPERA SUI MANUFATTI	12
Art. 4	Requisiti e accettazione.....	12
Art. 5	Norme generali per la provvista dei materiali e loro accettazione	12
Art. 6	Norme di riferimento	13
Art. 7	Campionature di singoli manufatti complessi.....	13
Art. 8	Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche	14
Art. 9	Prove strutturali sui manufatti da realizzarsi in corso d'opera.....	14
9.1.	Specifiche prove di carico da realizzare.....	14
Capitolo 3	MATERIALI E PRODOTTI	18
Art. 10	Materiali e prodotti per uso strutturale.....	18
10.1.	Identificazione e certificazione	18
10.2.	Prove sperimentali	18
10.3.	Procedure di controllo di produzione in fabbrica.....	18
10.4.	Certificato d'accettazione	18
Art. 11	Acciaio per strutture metalliche	19
11.1.	Generalità.....	19
11.2.	Acciaio laminato	19
11.3.	Acciaio per strutture saldate.....	20
11.4.	Bulloni e Chiodi.....	20
11.5.	Acciai inossidabili.....	20
11.6.	Procedure di controllo su acciai da carpenteria.....	21
11.7.	Norme di riferimento	27
11.8.	Zincatura a caldo.....	28
Art. 12	Muratura portante	29
12.1.	Elementi per muratura.....	29
12.2.	Elementi resistenti in muratura	30
12.3.	Resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali	31
12.4.	Resistenza caratteristica a compressione	32
12.5.	Malte per muratura.....	32

Art. 13	Malte e resine speciali.....	34
13.1.	Malta fluida espansiva per ancoraggi.....	34
13.2.	Malta tissotropica fibrorinforzata per interventi strutturali.....	35
13.3.	Adesivo epossidico bicomponente tissotropico per incollaggio strutturale.....	36
13.4.	Resina epossidica bicomponente a bassissima viscosità per iniezioni.....	37
13.5.	Malta per allettamenti a base di calce idraulica naturale.....	38
13.6.	Legante idraulico fillerizzato superfluido per consolidamenti murari mediante iniezioni.....	39
13.7.	Resina epossidica bicomponente per ancoraggi.....	39
Art. 14	Materiali lapidei.....	41
14.1.	Generalità.....	41
14.2.	Fornitura dei materiali e campionatura.....	41
14.3.	Materiali di progetto e relative lavorazioni.....	41
14.4.	Modalità di prova, controllo e collaudo.....	42
Art. 15	Prodotti per la pulizia dei manufatti lapidei esistenti.....	42
15.1.	Generalità.....	42
15.2.	Acqua per lavori di pulitura dei materiali lapidei.....	42
15.3.	Caratteristiche dei prodotti da utilizzare per la pulizia degli elementi in pietra di Saltrio.....	42
Art. 16	Prodotti impregnanti per il trattamento dei materiali lapidei esistenti.....	43
16.1.	Generalità.....	43
16.2.	Prodotti impregnanti per il consolidamento dei materiali lapidei.....	43
16.3.	Prodotti impregnanti per la protezione e impermeabilizzazione dei materiali lapidei.....	44
Capitolo 4	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE.....	45
Art. 17	Particolarità relative all'ordine di esecuzione degli interventi.....	45
Art. 18	Riparazione di sottoservizi.....	45
Art. 19	Microdemolizioni, smontaggi e rimontaggi.....	45
19.1.	Interventi preliminari.....	45
19.2.	Sbarramento delle zone di microdemolizione, smontaggio e rimontaggio.....	45
19.3.	Idoneità delle opere provvisorie.....	45
19.4.	Ordine delle microdemolizioni e smontaggi.....	46
19.5.	Proprietà dei materiali da demolizione e smontaggio.....	47
19.6.	Ordine dei rimontaggi.....	47
Art. 20	Esecuzione dei fori per impernature ed ancoraggi.....	47
Art. 21	Stuccatura / integrazione di elementi lapidei.....	47
Art. 22	Sigillatura di materiali lapidei mediante iniezioni di resine sintetiche.....	49
Art. 23	Ancoraggi.....	51
Art. 24	Opere e strutture di muratura.....	51
24.1.	Criteri generali per l'esecuzione.....	51

Art. 25	Regole di esecuzione per le strutture in acciaio	52
25.1.	Composizione degli elementi strutturali	52
25.2.	Unioni a taglio con bulloni normali	52
25.3.	Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza	53
25.4.	Unioni saldate	53
25.5.	Unioni per contatto	54
Art. 26	Criteri per gli interventi di consolidamento di edifici in muratura.....	54
26.1.	Generalità.....	54
26.2.	Interventi volti a ripristinare la resistenza nella muratura.....	55
Art. 27	Trattamenti di pulitura da eseguirsi sui materiali lapidei esistenti	57
27.1.	Premessa metodologica.....	57
27.2.	Generalità ed esecuzione di prove di pulitura	57
27.3.	Operazioni di pulitura materiali lapidei	58
Art. 28	Impregnazione di manufatti in materiale lapideo e trattamenti protettivi	60
28.1.	Generalità.....	60
28.2.	Trattamenti consolidanti dei materiali lapidei.....	60
28.3.	Trattamenti protettivi ed idrorepellenti	61
Art. 29	Eliminazione di microflora infestante	62
Art. 30	Opere da fabbro e relativi trattamenti protettivi dei materiali.....	62
30.1.	Manufatti in acciaio	62
30.2.	Trattamenti protettivi di finitura superficiale.....	63
Art. 31	Documentazione degli interventi di consolidamento e restauro realizzati	63

Capitolo 1 DATI GENERALI DELL'APPALTO

Art. 1 Oggetto dell'appalto

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di tutti i lavori, le forniture e le prestazioni necessarie per gli interventi contenuti all'interno del Progetto Esecutivo di "Restauro Murazzi del Po – Sistemazione manufatti esterni". In particolare il progetto intende dare priorità alla messa in sicurezza dei manufatti esistenti, rendendo sicuri i parapetti e le scale della parte a valle del ponte Vittorio Emanuele I ed intervenendo nella parte a monte del ponte, che sarà oggetto di un successivo appalto di lavori, con la ricostruzione di un modulo di parapetto interamente mancante e con un intervento provvisorio di messa in sicurezza volto a garantire la stabilità delle balaustre esistenti.

Più precisamente, gli interventi previsti sono i seguenti:

- per i parapetti si intende solidarizzare ogni singola colonnina con lo zoccolo di base e con la cimasa superiore, solidarizzare la cimasa con i pilastri intermedi, collocare un elemento intermedio tra le colonnine (distanti fra loro più di 10 cm) per impedire la caduta di oggetti in basso realizzato con bacchette e fermapiède metallici, oltre che integrare le colonnine mancanti o rotte che verranno sostituite con nuove colonnine in pietra di Saltrio
- per le scale (oltre all'intervento sopra sommariamente descritto relativo ai parapetti) consolidare la struttura delle rampe e dei pianerottoli e collegare i muri di appoggio esterni con la struttura interna dei Murazzi stessi, oltre che intervenire su puntuali criticità

Art. 2 Prescrizioni particolari relative all'organizzazione del cantiere

L'intervento interesserà il fronte dei Murazzi del Po, in una zona nella quale sono presenti numerose attività ricreative serali e la Murazzi Student Zone (sala studio e spazio polivalente destinato agli studenti universitari) attiva durante tutto il corso della giornata, che determinano un frequente transito di persone.

Occorrerà pertanto programmare le attività del cantiere tenendo conto della presenza di queste attività e della conseguente presenza di pubblico nell'area adiacente al cantiere, ponendo pertanto particolare attenzione a garantire la sicurezza delle persone che si troveranno a transitare nell'area.

L'Appaltatore dovrà provvedere a proprie spese alla delimitazione dell'area di cantiere non transitabile da parte dei non addetti ai lavori ed ai ripristini delle parti eventualmente danneggiate sia durante le lavorazioni che a seguito di azioni provenienti dall'esterno o di atti vandalici. Occorrerà avere particolare cura nel mantenere sempre l'area di cantiere non accessibile e le zone limitrofe in perfette condizioni di sicurezza, anche al di fuori degli orari di lavoro, avendo particolare cura nella delimitazione delle aree di lavoro che non dovranno mai risultare neppure accidentalmente accessibili ai non addetti ai lavori.

Dovranno inoltre essere sempre garantiti in condizioni di assoluta sicurezza gli accessi ai locali sottostanti le balconate dotando ogni ingresso delle idonee protezioni necessarie in funzione delle lavorazioni che verranno via via effettuate.

Dovrà inoltre essere sempre garantita la fruibilità delle uscite di sicurezza dei locali, dotando anch'esse dei necessari dispositivi di protezione.

Art. 3 Descrizione delle opere

Gli interventi e le lavorazioni previsti nell'ambito del progetto, sono di seguito dettagliatamente individuati:

BALCONATA (tratto a valle del ponte Vittorio Emanuele I – Campate 75÷93)

SMONTAGGIO BALAUSTR

1. Predisposizione apprestamenti di sicurezza (recinzione area di cantiere, allestimento ponteggio e protezioni, ecc...
2. Rimozione opere provvisoriale in metallo installate per messa in sicurezza parti pericolanti e mancanti, mantenendo in opera quelle che tengono in posizione le colonnine al fine di evitare la caduta degli elementi pericolanti
3. Numerazione e classificazione con orientamento dei singoli elementi costituenti le balaustre (cimase, colonnine, basamenti, ecc....)
4. preventiva imbragatura in più punti e messa in tiro della cimasa ed interventi di microdemolizione delle zone di collegamento tra le cimase di coronamento superiore delle balaustre ed i pilastri laterali, in maniera da facilitare il distacco tra gli stessi, con eventuale taglio delle zanche in ferro presenti
5. interventi di microdemolizione delle zone di collegamento tra le cimase di coronamento superiore delle balaustre e le colonnine, con l'eliminazione delle malte presenti sulle superfici di ancoraggio alla sommità del capitello ed in corrispondenza dei rispettivi vani realizzati nelle cimase
6. Sollevamento e smontaggio blocchi di pietra costituenti le cimase superiori mediante l'utilizzo di mezzo meccanico per il sollevamento degli elementi,
7. Trasporto degli elementi rimossi nell'ambito del cantiere nella zona di intervento. Se la ditta riterrà di eseguire le successive lavorazioni in laboratorio, sistemazione delle cimase in pietra su apposito mezzo e trasposto in laboratorio per le successive lavorazioni
8. Imbragatura delle colonnine esistenti e messa in tiro
9. Rimozione delle restanti opere provvisoriale in metallo installate per messa in sicurezza parti pericolanti e mancanti (parti non ancora rimosse nelle operazioni di cui al punto 2, mantenute in opera al fine di garantire la stabilità delle colonnine)
10. interventi di microdemolizione della zona di contatto tra le colonnine ed il basamento lapideo sottostante in modo di facilitare il distacco tra i diversi elementi, con l'eliminazione delle malte presenti sulle superfici di ancoraggio al piede delle colonnine ed in corrispondenza dei rispettivi vani realizzati nel basamento di Gneiss
11. Sollevamento delle colonnine e trasposto nell'ambito del cantiere nella zona di intervento. Valutazione stato di conservazione e cernita degli elementi per i quali prevedere il recupero (confronto con le indicazioni preventivamente fornite in progetto ed analisi puntuale da effettuarsi congiuntamente alla DL).
12. Trasporto in discarica delle colonnine danneggiate, degradate o comunque considerate non recuperabili
13. Trasporto nell'ambito del cantiere nella zona dedicata alle lavorazioni delle colonnine riutilizzabili. Nell'eventualità che la ditta ritenga di eseguire le successive lavorazioni in laboratorio, sistemazione delle colonnine su apposito mezzo e trasposto in laboratorio per le successive lavorazioni.

LAVORAZIONI PER INTEGRAZIONE PARTI MANCANTI E MESSA A NORMA BALAUSTR BALCONATA

14. produzione nuove colonnine in pietra di Saltrio per sostituzione elementi mancanti, lesionati o gravemente deteriorati, aventi morfologia, dimensioni e caratteristiche cromatiche analoghe a quelle preesistenti. Tali colonnine dovranno inoltre essere dotate di incavi alla base ed in sommità (fori in sommità: diam 40 mm

- circa, profondità 10 cm circa; fori alla base: diam 14 mm, profondità 10 cm circa) per il successivo alloggiamento dei perni atti a solidarizzare le colonnine con la cimasa ed il basamento
15. produzione di cimase in pietra in Gneiss di Borgone, aventi disegno, dimensioni e colorazione analoghi a quelle preesistenti, per sostituzione elementi mancanti (n° 2 elementi di lunghezza circa 300 cm posizionate in corrispondenza delle campate 86 ed 87)
 16. realizzazione di bacchette diametro 14 mm in acciaio zincato a caldo e successivamente sabbiato e verniciato a fuoco, corredate alla base da fermapiede, nello stesso materiale realizzato con piatto di spessore 8 mm, per adeguamento normativo delle caratteristiche di sicurezza della balaustra (limitazione della distanza fra gli elementi del parapetto inferiore a 10 cm e inserimento di protezione parapiede di altezza 15 cm)

LAVORAZIONI SU ELEMENTI BALAUSTRE ESISTENTI (da eseguirsi in loco o in laboratorio)

Cimase di coronamento superiore in gneiss di Borgone:

17. Pulizia elementi lapidei smontati in loco (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri)
18. Recupero di elementi lapidei precedentemente rimossi e attualmente conservati all'interno dell'arcata 27 (spezzoni di cimasa e basamento in pietra)
19. Per gli elementi rotti e scollegati, riassetto delle porzioni di cimasa previo intervento di consolidamento strutturale mediante n° 4 perforazioni allineate sulle due superfici di contatto, successivo inserimento di barre filettate in acciaio inox inghisate con resina epossidica e contemporaneo incollaggio dell'intera superficie di contatto mediante specifica resina bicomponente
20. Per gli elementi lesionati, ripristino della continuità della cimasa con consolidamento strutturale mediante microperforazioni trasversali passanti nella lesione e successiva iniezione di resine epossidiche bicomponenti a bassissima viscosità, fino a rifiuto
21. Formazione di fori tramite perforazioni a sola rotazione sul lato inferiore delle cimase per il successivo alloggiamento dei perni in acciaio inox per la solidarizzazione con le colonnine delle balaustre e per l'inserimento delle bacchette verticali dotate di elemento fermapiede da prevedere per adeguamento alle normative sulla sicurezza. (fori diam 14 mm, profondità 105 mm per gli inghisaggi dei perni di collegamento con le colonnine, fori diam 30 mm e profondità 50 mm circa per gli alloggiamenti delle bacchette)
22. Inserimento delle barre filettate in acciaio inox diam. 12 mm nei fori predisposti per la solidarizzazione con le colonnine e sigillatura dei fori con resina epossidica bicomponente superfluida

Colonnine in pietra di Saltrio:

23. Pulizia degli elementi per i quali è previsto il recupero, mediante applicazione di un prodotto specifico per la rimozione della patina biologica e la successiva rimozione meccanica con spazzole
24. Ricostruzione, ove si renda necessario, delle parti di colonnina mancanti (sia nel capitello, sia in parti del fusto) con applicazione di impasto a base di calce idraulica naturale
25. Formazione di incavi alla base ed in sommità delle colonnine (fori in sommità: diam 40 mm circa, profondità 10 cm circa; fori alla base: diam 14 mm, profondità 10 cm circa) per il successivo alloggiamento delle barre filettate in acciaio inox atte a solidarizzare le colonnine con la cimasa ed il basamento
26. applicazione di trattamento consolidante sulla superficie delle colonnine (prodotto incapsulante a base di silicato di etile per bloccare il processo di sfaldamento degli elementi in pietra applicato mediante impregnazione ad impacco)

27. Inserimento di barre filettate in acciaio inox diam. 14 mm nei fori predisposti alla base delle colonnine per la solidarizzazione delle stesse con il basamento e sigillatura dei fori con resina epossidica bicomponente superfluida

LAVORAZIONI DA ESEGUIRSI IN SITO PER IL RIASSEMBLEGGIO DELLE BALAUSTR

28. Realizzazione degli ancoraggi del basamento della balaustra mediante perforazioni ad angolazione prefissata con carotatrice su slitta ad avanzamento manuale, inserimento di barre filettate in acciaio inox e realizzazione dell'ancoraggio attivo, mediante bullonatura, o passivo, mediante colatura di malta fluida espansiva dal basso verso l'alto (barre diam. 16 mm, fori diam. 32 mm, profondità circa 160 cm – n. 4 legature per ciascuna campata.)
29. Riallineamento ove necessario dei pilastri in pietra esistenti in loco e trattamento di pulizia degli stessi (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri). Eventuali interventi di ricostruzione di piccole parti mancanti e sigillatura fori presenti su alcuni di essi (integrazioni con inserti di materiale lapideo o malte)
30. Predisposizione delle grappe di ancoraggio con barre filettate in acciaio inox diam 14 mm ancorate in fori diam. 16 mm nei pilastri per la solidarizzazione degli stessi con le cimase al fine di aumentare la tenuta della balaustra alle spinte orizzontali
31. Pulizia della pietra (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri) e formazione di fori mediante perforazioni a sola rotazione sul lato superiore del basamento lapideo per il successivo alloggiamento delle colonnine e delle nuove bacchette verticali in acciaio verniciato (di cui al punto 16), da prevedere per adeguamento alle normative sulla sicurezza (fori diam 20 mm, profondità 105 mm circa per gli inghisaggi delle colonnine, fori diam 16 mm e profondità 50 mm circa per gli alloggiamenti delle bacchette)
32. Riposizionamento delle colonnine con inserimento delle barre filettate in acciaio inox fissate alla base delle stesse negli incavi predisposti nel basamento lapideo e successiva sigillatura con resina epossidica bicomponente superfluida
33. posizionamento delle nuove bacchette verticali di cui al punto 16 con inserimento delle stesse nei fori predisposti nel basamento e sigillatura con resina epossidica bicomponente superfluida
34. Riposizionamento delle cimase complete delle imperniature di collegamento (movimentazione delle stesse con apposito mezzo dotato di braccio di sollevamento previa debita imbragatura in più punti e messa in tiro), previo riempimento con malta ad elevate prestazioni meccaniche degli incavi realizzati sulla parte superiore delle colonnine, dove all'atto del riposizionamento della cimasa verranno inseriti i perni metallici preventivamente fissati sul lato inferiore delle cimase stesse. Nell'ambito delle operazioni di riposizionamento delle cimase dovranno inoltre essere inserite le testate delle bacchette negli alloggiamenti appositamente predisposti (vedi punto 21) e realizzare la sigillatura degli stessi con resina epossidica bicomponente superfluida
35. Formazione di sigillature dei giunti di contatto tra cimase e pilastri lapidei con malta ad elevate prestazioni meccaniche
36. Sigillatura degli spazi residuali fra colonnine e cimase / colonnine e basamento con malta ad elevate prestazioni meccaniche
37. applicazione di prodotto idrorepellente traspirante a componente polisilossanica per la protezione dall'acqua e dagli agenti atmosferici su tutti i manufatti lapidei (colonnine in pietra di Saltrio, cimase, basamenti, cornici in Gneiss di Borgone)

SCALONE MONUMENTALE (scala "C")

CONSOLIDAMENTO GRADINATE E ZONE SOTTOSCALA

38. Pulizia elementi lapidei costituenti i gradini e cornici laterali in pietra (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri)
39. messa in quota dei primi gradini delle rampe e realizzazione delle murature di appoggio degli stessi
40. Per gli elementi lesionati, ripristino della continuità dei blocchi che costituiscono i gradini con consolidamento strutturale mediante preventivo riallineamento degli stessi, ove necessario. Successive microperforazioni trasversali passanti nella lesione e successiva iniezione di resine epossidiche bicomponenti a bassissima viscosità, fino a rifiuto. Per i gradini che presentano parti mancanti, ricostruzione delle stesse con inserimento di tasselli in materiale lapideo avente caratteristiche tipologiche e cromatiche analoghe ai gradini esistenti.
41. tracciamento generale di verifica del sistema di consolidamento della scala
42. predisposizione in officina della carpenteria metallica prevista, da realizzarsi in acciaio zincato, sulla base del progetto esecutivo e delle verifiche in sito di tracciamento
43. preparazione del ponteggio con piani di lavoro di forma e dimensioni adeguate ad operare in sicurezza per consentire il montaggio della carpenteria metallica
44. posa in opera provvisoria mediante puntellatura dei cosciali di presidio delle rampe, ottimizzando al minimo gli spessoramenti di malta previsti
45. tracciamento delle travi principali e predisposizione dei fori per l'ancoraggio delle piastre di appoggio
46. posa in opera delle travi principali ed ancoraggio mediante tasselli ed ancoranti chimici
47. sigillatura e spessoramento delle piastre di ancoraggio delle travi principali
48. serraggio dei cosciali di presidio delle rampe sulle travi principali
49. sigillatura e spessoramento degli elementi di appoggio dei gradini
50. intervento di ricostruzione del tessuto murario con la tecnica del cuci e scuci, da realizzare su muratura in mattoni pieni e pietrame in corrispondenza dell'intradosso degli appoggi dei gradini della scala, degli archi di collegamento delle pareti al di sotto della scala e del voltino longitudinale su ingresso arcata 32
51. intervento di consolidamento della muratura esistente mediante la tecnica delle iniezioni a bassa pressione di legante idraulico fillerizzato superfluido, resistente ai sali, a base di calce ed eco-pozzolana, da realizzarsi in corrispondenza delle lesioni presenti sulle murature sottostanti la scala
52. Ripristino sigillature all'intradosso dei lastroni che costituiscono i pianerottoli della scala con malta ad elevate prestazioni meccaniche
53. Sigillatura con malta dei fori e delle discontinuità presenti fra i conci in pietra delle facciate ed in corrispondenza degli incastri dei gradini sulla facciata (lato superiore)

SMONTAGGIO BALAUSTRATE

54. Predisposizione apprestamenti di sicurezza (recinzione area di cantiere, allestimento ponteggio e protezioni, ecc... (vedere dettagli piano di sicurezza)
55. Rimozione opere provvisorie in metallo installate per messa in sicurezza parti pericolanti e mancanti, mantenendo in opera quelle che tengono in posizione le colonnine al fine di evitare la caduta degli elementi pericolanti
56. Numerazione e classificazione con orientamento dei singoli elementi costituenti le balaustrate delle scale (cimase, colonnine, basamenti, pilastrini, ecc....)

57. preventiva imbragatura in più punti e messa in tiro della cimasa ed interventi di microdemolizione delle zone di collegamento tra le cimase di coronamento superiore delle balaustre ed i pilastrini, in maniera di facilitare il distacco tra gli stessi, con eventuale taglio delle zanche in ferro presenti
58. interventi di microdemolizione delle zone di collegamento tra le cimase di coronamento superiore delle balaustre e colonnine/pilastrini, con l'eliminazione delle malte presenti sulle superfici di ancoraggio alla sommità del capitello ed in corrispondenza dei rispettivi vani realizzati nelle cimase
59. Sollevamento e smontaggio blocchi di pietra costituenti le cimase superiori mediante l'utilizzo di mezzo meccanico per il sollevamento degli elementi,
60. Trasposto degli elementi rimossi nell'ambito del cantiere nella zona di intervento. Se la ditta riterrà di eseguire le successive lavorazioni in laboratorio, sistemazione delle cimase in pietra su apposito mezzo e trasposto in laboratorio per le successive lavorazioni
61. Imbragatura delle colonnine e dei pilastrini esistenti e messa in tiro
62. Rimozione delle restanti opere provvisoriale in metallo installate per messa in sicurezza parti pericolanti e mancanti (parti non ancora rimosse nelle operazioni di cui al punto 55, mantenute in opera al fine di garantire la stabilità delle colonnine)
63. interventi di microdemolizione della zona di contatto tra colonnine/pilastrini e basamento lapideo sottostante in maniera da facilitare il distacco tra i diversi elementi, con l'eliminazione delle malte presenti sulle superfici di ancoraggio al piede degli stessi ed in corrispondenza dei rispettivi vani realizzati nel basamento di Gneiss
64. Sollevamento delle colonnine e dei pilastrini e trasposto nell'ambito del cantiere nella zona di intervento. Valutazione stato di conservazione e cernita degli elementi per i quali prevedere il recupero (confronto con le indicazioni preventivamente fornite in progetto ed analisi puntuale da effettuarsi congiuntamente alla DL).
65. Trasporto in discarica delle colonnine danneggiate, degradate o comunque considerate non recuperabili
66. Trasposto nell'ambito del cantiere nella zona dedicata alle lavorazioni delle colonnine riutilizzabili e dei pilastrini. Nell'eventualità che la ditta ritenga di eseguire le successive lavorazioni in laboratorio, sistemazione delle colonnine su apposito mezzo e trasposto in laboratorio per le successive lavorazioni.

LAVORAZIONI PER INTEGRAZIONE PARTI MANCANTI E MESSA A NORMA BALAUSTRATE SCALE

67. produzione nuove colonnine in pietra di Saltrio per sostituzione elementi mancanti, lesionati o gravemente deteriorati, aventi morfologia, dimensioni e caratteristiche cromatiche analoghi a quelle preesistenti. Tali colonnine dovranno inoltre essere dotate di incavi alla base ed in sommità (fori in sommità: diam 40 mm circa, profondità 10 cm circa; fori alla base: diam 14 mm, profondità 10 cm circa) per il successivo alloggiamento dei perni atti a solidarizzare le colonnine con la cimasa ed il basamento
68. realizzazione di bacchette diametro 14 mm in ferro zincato a caldo e successivamente sabbiato e verniciato a fuoco per adeguamento normativo delle caratteristiche di sicurezza della balaustra (limitazione della distanza fra gli elementi del parapetto inferiore a 10 cm)

LAVORAZIONI SU ELEMENTI BALAUSTRATE ESISTENTI (da eseguirsi in loco o in laboratorio)

Cimase di coronamento superiore in Gneiss di Borgone:

69. Pulizia elementi lapidei smontati in loco (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detersivi neutri)
70. Per gli elementi rotti e scollegati, riassetto delle porzioni di cimasa previo intervento di consolidamento strutturale mediante n°4 perforazioni allineate sulle due superfici di contatto, successivo inserimento di barre

filettate in acciaio inox inghisate con resina epossidica e contemporaneo incollaggio dell'intera superficie di contatto mediante specifica resina bicomponente

71. Per gli elementi lesionati, ripristino della continuità della cimasa con consolidamento strutturale mediante microperforazioni trasversali passanti nella lesione e successivo iniezione di resine epossidiche bicomponenti a bassissima viscosità, fino a rifiuto
72. Formazione di fori tramite perforazioni a sola rotazione sul lato inferiore delle cimase per il successivo alloggiamento dei perni in acciaio inox per la solidarizzazione con le colonnine delle balaustre e con i pilastrini e per l'inserimento della bacchette verticali da prevedere per adeguamento alle normative sulla sicurezza. (fori diam 14 mm, profondità 105 mm per gli inghisaggi di colonnine e pilastrini, fori diam 30 mm e profondità 50 mm circa per gli alloggiamenti delle bacchette)
73. Inserimento di barre filettate in acciaio inox diam. 14 mm nei fori predisposti per la solidarizzazione con le colonnine e coi pilastrini e sigillatura dei fori con resina epossidica bicomponente superfluida

Colonnine in pietra di Saltrio:

74. Pulizia degli elementi per i quali è previsto il recupero mediante applicazione di un prodotto specifico per la rimozione della patina biologica e la successiva rimozione meccanica con spazzole
75. Ricostruzione, ove si renda necessario, delle parti di colonnina mancanti (sia nel capitello, sia in parti del fusto) con applicazione di impasto a base di calce idraulica naturale
76. Formazione di incavi alla base ed in sommità delle colonnine (fori in sommità: diam 40 mm, profondità 105 mm circa; fori alla base: diam 14 mm, profondità 105 mm circa) per il successivo alloggiamento dei perni metallici atti a solidarizzare le colonnine con la cimasa ed il basamento
77. applicazione di trattamento consolidante sulla superficie delle colonnine (prodotto incapsulante a base di silicato di etile per bloccare il processo di sfaldamento degli elementi in pietra applicato mediante impregnazione ad impacco)
78. Inserimento di barre filettate in acciaio inox diam. 14 mm nei fori predisposti alla base delle colonnine per la solidarizzazione delle stesse con il basamento lapideo e sigillatura dei fori con resina epossidica bicomponente superfluida

Pilastrini in Gneiss di Borgone:

79. Trattamento di pulizia mediante idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri.
80. Interventi di ricostruzione di piccole parti mancanti e sigillatura fori presenti su alcuni di essi (integrazioni con inserti di materiale lapideo o malte)
81. Formazione di incavi alla base ed in sommità dei piastrini (fori in sommità: diam 40 mm, profondità 105 mm circa; fori alla base: diam 14 mm, profondità 105 mm circa) per il successivo alloggiamento dei perni metallici atti a solidarizzare gli stessi con la cimasa e il basamento (prevedere doppio incavo nei pilastrini in corrispondenza dei giunti delle cimase e dei basamenti)
82. Inserimento di barre filettate in acciaio inox diam. 14 mm nei fori predisposti alla base dei piastrini per la solidarizzazione degli stessi con il basamento e sigillatura dei fori con resina epossidica bicomponente superfluida

LAVORAZIONI DA ESEGUIRSI IN SITO PER IL RIASSEMBLEGGIO DELLE BALAUSTRATE DELLA SCALA

83. Realizzazione degli ancoraggi del basamento della balaustra mediante perforazioni ad angolazione prefissata con carotatrice su slitta ad avanzamento manuale, inserimento di barre filettate in acciaio inox, realizzazione

dell'ancoraggio attivo mediante bullonatura e colatura di malta fluida espansiva dal basso verso l'alto (barre diam. 16 mm, fori diam. 32 mm, profondità circa 120 cm – n. 2 - 3 legature per ciascuna campata.)

84. Riallineamento dei pilastri in pietra esistenti in loco che non verranno rimossi nell'ambito dell'intervento di consolidamento e trattamento di pulizia degli stessi (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri). Eventuali interventi di ricostruzione di piccole parti mancanti e sigillatura di eventuali fori presenti su di essi (integrazioni con inserti di materiale lapideo o malte)
85. Pulizia della pietra (idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri) e formazione di fori mediante perforazioni a sola rotazione sul lato superiore del basamento lapideo per il successivo alloggiamento delle colonnine, dei piastrini e delle nuove bacchette verticali in acciaio verniciato (di cui al punto 68), da prevedere per adeguamento alle normative sulla sicurezza (fori diam 20 mm, profondità 105 mm circa per gli inghisaggi di colonnine e pilastri, fori diam 16 mm e profondità 50 mm circa per gli alloggiamenti delle bacchette)
86. Riposizionamento delle colonnine e dei pilastri con inserimento delle barre filettate in acciaio inox fissate alla base di tali elementi negli incavi predisposti nel basamento lapideo e successiva sigillatura con resina epossidica bicomponente superfluida
87. posizionamento delle nuove bacchette verticali di cui al punto 68 con inserimento delle stesse nei fori predisposti nel basamento e sigillatura con resina epossidica bicomponente superfluida
88. Riposizionamento delle cimase complete delle impernature di collegamento (movimentazione delle stesse con apposito mezzo dotato di braccio di sollevamento previa debita imbragatura in più punti e messa in tiro), previo riempimento con malta ad elevate prestazioni meccaniche degli incavi realizzati sulla parte superiore delle colonnine e dei pilastri, dove all'atto del riposizionamento della cimasa verranno inseriti i perni metallici preventivamente fissati sul lato inferiore delle cimase stesse. Nell'ambito delle operazioni di riposizionamento delle cimase dovranno inoltre essere inserite le testate delle bacchette negli alloggiamenti appositamente predisposti (vedi punto 72) e realizzare la sigillatura degli stessi con resina epossidica bicomponente superfluida
89. Formazione di sigillature dei giunti di contatto tra cimase e pilastri lapidei e sigillatura degli spazi residui fra colonnine e cimase / colonnine e basamenti con malta ad elevate prestazioni meccaniche
90. applicazione di prodotto idrorepellente traspirante a componente polisilossanica per la protezione dall'acqua e dagli agenti atmosferici su tutti i manufatti lapidei (colonnine in pietra di Saltrio, cimase, basamenti, cornici e gradini in Gneiss di Borgone)

ALTRI INTERVENTI

91. Intervento su facciate con rimozione della vegetazione infestante ed eventuale trattamento con prodotti diserbanti in modo da eliminare la penetrazione delle radici fra i conci della muratura
92. Interventi puntuali di messa in sicurezza balaustre e scaloni nel tratto a monte del ponte Vittorio Emanuele I (moduli 1÷74 e scale A e B), con applicazione di imbragature metalliche per la stabilizzazione delle colonnine sconnesse
93. Interventi puntuali di ripristino di parti di balaustra mancanti nel tratto a monte del ponte Vittorio Emanuele I, con posizionamento di colonnine e cimase di nuova realizzazione eseguite secondo le procedure adottate per le balaustre del tratto a valle del Ponte (vedi artt. precedenti)

Capitolo 2 NORME SULL'ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E PROVE DA ESEGUIRSI IN CORSO D'OPERA SUI MANUFATTI

Art. 4 Requisiti e accettazione

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del presente capitolato speciale, degli elaborati grafici e di tutta la documentazione di progetto ed essere della migliore qualità. Potranno essere messi in opera solamente dopo l'accettazione da parte del direttore dei lavori.

L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque momento i materiali e i componenti deperiti dopo l'introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore dovrà rimuoverli dal cantiere e sostituirli a sue spese con altri giudicati idonei.

Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, il committente può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri del committente in sede di collaudo tecnico-amministrativo.

Per tutti i materiali lapidei di nuova fornitura dovrà essere certificata la provenienza per l'intero quantitativo dei materiali forniti (con bolle di trasporto, fatture ed ogni altro documento ritenuto idoneo a individuarne con certezza la provenienza). Se questa non risulterà conforme alle prescrizioni di progetto ed ai campioni approvati dalla DL sarà facoltà di quest'ultima rifiutare l'intera fornitura dei materiali non conformi.

Ad insindacabile giudizio del DL potrà inoltre essere rifiutato ogni materiale che per caratteristiche tipologiche, cromatiche ed estetiche sia ritenuto non soddisfacente o non conforme ai requisiti di progetto.

Art. 5 Norme generali per la provvista dei materiali e loro accettazione

L'Appaltatore assume, con la firma del contratto d'appalto, l'obbligo di provvedere tempestivamente tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione di lavori compresi nell'appalto, e comunque ordinati dalla Direzione Lavori, quali che possano essere le difficoltà di approvvigionamento.

L'Appaltatore dovrà obbligatoriamente dare notizia alla Direzione Lavori della provenienza di tutti i dei materiali e delle eventuali successive modifiche della provenienza stessa volta per volta, certificandola ogni volta in modo inequivocabile. Si precisa che in ogni caso per le colonnine di nuova fornitura è obbligatoriamente prescritta la provenienza da cave ubicate nel territorio di Saltrio.

L'Appaltatore resta obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati, o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni presso i lavoratori ufficiali, nonché per le corrispondenti prove ed esami.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione Lavori previa apposizione di sigilli e firme del Direttore Lavori e dell'Appaltatore, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

Conseguentemente all'approvazione delle campionature prescritte in progetto e richieste dalla DL sarà cura dell'Impresa Appaltante approvvigionarsi di tutto il materiale necessario per la fornitura debitamente lavorato secondo le indicazioni di progetto, per consentire alla Direzione Lavori di ispezionare tutti i manufatti verificandone per l'intera fornitura la rispondenza alla campionatura presentata ed alla prescrizioni progettuali.

La totalità delle colonnine in Pietra di Saltrio, delle cimase, degli altri elementi lapidei di nuova fornitura, delle bacchette in ferro e di tutti i manufatti previsti in progetto dovranno essere messi a disposizione per l'ispezione presso il cantiere e sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori prima di essere posti in opera. L'approvazione di cui sopra non compromette in ogni caso l'Ente Appaltante all'accettazione della fornitura finale in opera.

Art. 6 Norme di riferimento

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere dovranno rispondere alle prescrizioni contrattuali, in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme univoci vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto.

In assenza di nuove ed aggiornate norme, il direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. In generale si applicheranno le prescrizioni del presente capitolato speciale d'appalto. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della direzione dei lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali, fatto salvo quanto indicato ai capitoli 4 e 5.

Art. 7 Campionature di singoli manufatti complessi

Per ogni tipo di fornitura e posa di materiali l'Appaltatore è tenuto a presentare con sufficiente anticipo alla D.L. le schede tecniche di tutti i materiali che verranno utilizzati e le campionature relative.

Per quanto riguarda le forniture, in concomitanza con la presentazione dei campioni, dovrà essere prodotta e consegnata in copia alla D.L. la documentazione della corrispondenza a norme di qualità e prove di laboratorio e per i materiali lapidei idonea documentazione che ne certifichi le cave di provenienza. L'anticipo deve garantire alla D.L. il tempo necessario a richiedere nuove campionature e/o documentazioni tecniche sui materiali e i manufatti proposti. Nessuna fornitura si intende accettata senza l'approvazione scritta della D.L.

Per quanto riguarda le pose l'Appaltatore appresterà, nei punti e per l'estensione via via indicati dalla D.L., e comunque in misura sufficiente a rappresentare la qualità complessiva della posa, un tratto di opera finita, sulla quale la D.L. potrà richiedere modifiche ed adattamenti anche sostanziali. Nessuna opera potrà essere eseguita senza l'approvazione scritta della campionatura da parte della D.L.

Per taluni manufatti complessi e opere di particolare complessità ed importanza la D.L. potrà richiedere un esteso campione, anche allo scopo di meglio precisare le indicazioni progettuali.

In particolare dovranno essere prodotti i campioni con l'estensione richiesta dalla D.L. per le seguenti opere e/o lavorazioni:

- sei colonnine di nuova fornitura in pietra di Saltrio (tre della tipologia da fornirsi per la balaustra della scala e tre di quella da fornirsi per la balaustra della balconata)
- un tratto di cimasa di nuova fornitura in Gneiss di Borgone
- una campionatura di pulizia su cimase, piastrelli e zoccoli esistenti in Gneiss di Borgone
- una campionatura di intervento completo di recupero di una colonnina esistente in pietra di Saltrio, comprendente tutte le fasi di lavorazione previste sulla stessa (pulizia, trattamento consolidante, predisposizione di fori, inserimento impernatura metallica, ecc....). Sarà possibile da parte della DL richiedere anche delle campionature parziali relative alle diverse fasi di intervento previste.
- tre bacchette metalliche corodate di elemento fermapiede, complete dei trattamenti di zincatura, sabbiatura e verniciatura a fuoco nei colori indicati dalla DL.

La D.L. potrà in ogni caso richiedere l'esecuzione di altri campioni qualora lo ritenga opportuno ed in funzione delle richieste da parte della Soprintendenza, alla cui approvazione dovranno essere assoggettate tutte le campionature dei materiali e dei manufatti di progetto.

Le variazioni di dettaglio decise dalla D.L. o imposte dalla Soprintendenza durante l'esame e delle campionature non danno diritto all'Appaltatore di avanzare pretese di aumenti

Art. 8 Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal presente capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori, ed a carico dell'Appaltatore. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvederà al prelievo del relativo campione e alla redazione di apposito verbale di prelievo redatto alla presenza dell'impresa; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporterà espresso riferimento a tale verbale.

La direzione dei lavori potrà disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal presente capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese saranno poste a carico dell'appaltatore.

Per le opere strutturali le verifiche tecniche dovranno essere condotte in applicazione delle Norme tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

Art. 9 Prove strutturali sui manufatti da realizzarsi in corso d'opera

Prima di procedere alla realizzazione completa degli interventi di consolidamento e restauro previsti in progetto occorrerà completare il ciclo di interventi prescritti su alcune porzioni di balaustra della balconata (campate 81, 82, 83 e 84) e della scala (campate P e Q) e su alcuni piastri (i tre elementi ubicati fra le campate 81 ed 84), da confermare in ogni caso con la DL in fase di realizzazione dei lavori, e procedere all'effettuazione di prove di carico per verificare l'efficacia degli interventi attuati.

In funzione degli esiti di tali prove la DL darà indicazioni sul prosieguo delle operazioni di consolidamento e di restauro ed avrà facoltà di impartire ulteriori prescrizioni relativamente agli interventi previsti. Solo successivamente all'effettuazione delle prove prescritte, alla restituzione dei risultati ed alla loro analisi e valutazione da parte della Direzione Lavori sarà possibile procedere con il completamento degli interventi sulle ulteriori parti di manufatti indicate in progetto. Nessun intervento successivo potrà essere avviato prima del benestare della DL., che in funzione dell'esito delle suddette prove avrà facoltà di disporre un eventuale adeguamento del progetto.

9.1. Specifiche prove di carico da realizzare

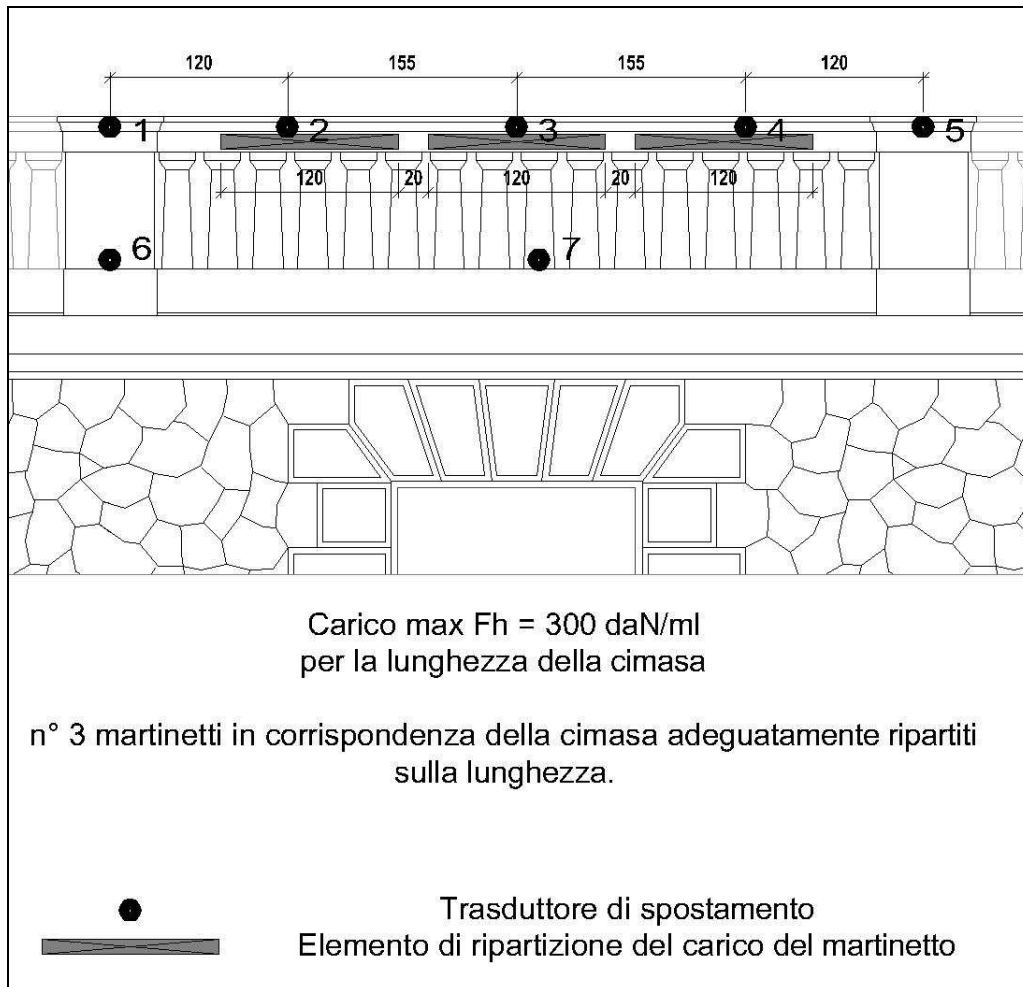
Le prove di carico dovranno essere realizzate mediante ausilio di martinetti idraulici, per mezzo dei quali andrà applicato un carico pari a 3 kN/ml opportunamente distribuito sulle strutture da sottoporre a verifica. Durante l'esecuzione delle prove gli spostamenti dovranno essere monitorati mediante trasduttori potenziometrici collegati a centralina di acquisizione dati.

Ad ultimazione delle prove dovranno essere elaborati i dati acquisiti e dovrà essere redatto un rapporto di prova relativo alle indagini svolte comprensivo di metodologia di indagine e documentazione fotografica

9.1.1 Prove di carico su balaustra balconata (da effettuarsi in corrispondenza della campata 83 o altra indicata dalla DL)

La prova di carico da effettuarsi a livello della balconata per la verifica dell'esito degli interventi di consolidamento realizzati sulla balaustra dovrà essere eseguita in corrispondenza della campata 83 (o altra campata indicata dalla DL) mediante l'applicazione di 3 carichi concentrati, adeguatamente ripartiti sulla lunghezza della cimasa, equivalenti ad un sovraccarico distribuito al termine della prova di 3 kN/ml mediante l'ausilio di n°3 martinetti idraulici, con adeguati elementi di contrasto appositamente predisposti (autocarro a tre assi, serbatoi zavorrati con acqua, blocchi in cls, ecc...). La prova andrà condotta con l'applicazione di incrementi di carico corrispondenti a valori non superiori a 0,6 kN/ml, applicati in progressione ed attendendo adeguati tempi di stabilizzazione delle deformazioni del manufatto. Occorrerà provvedere al monitoraggio degli spostamenti mediante n° 7 trasduttori potenziometrici con precisione 0,01 mm collegati in linea con unità di acquisizione dati, disponendo la contemporanea rilevazione con cella di carico della forza applicata.

Schema di esecuzione della prova:

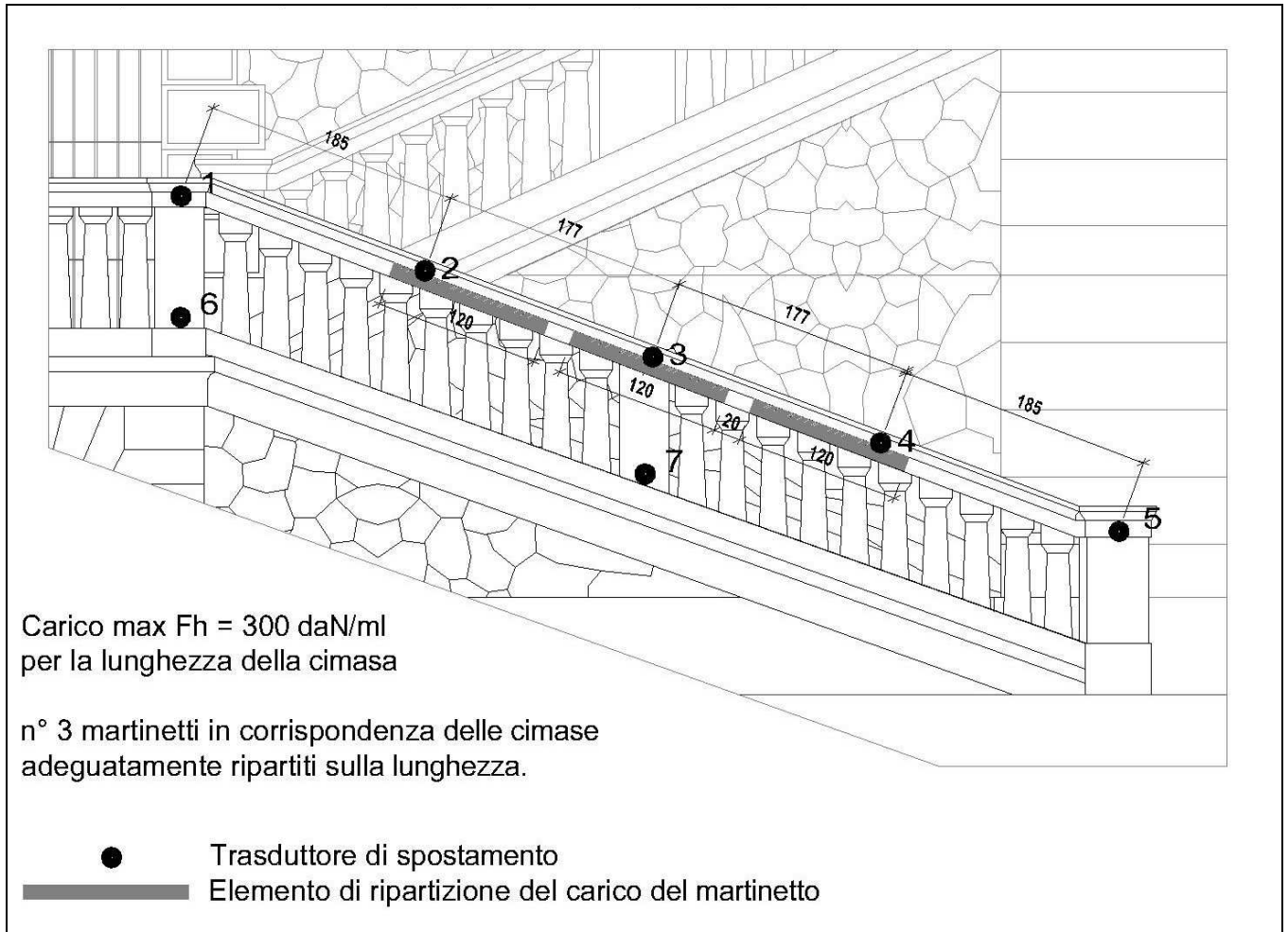


9.1.2 Prove di carico su balastra scala (da effettuarsi in corrispondenza delle campate P-Q o altre indicate dalla DL)

La prova di carico da effettuarsi a livello della scala per la verifica dell'esito degli interventi di consolidamento realizzati sulla balastra dovrà essere eseguita in corrispondenza delle campate P-Q (o altre campate indicate dalla DL), mediante l'applicazione di 3 carichi concentrati, adeguatamente ripartiti sulla lunghezza della cimasa, equivalenti ad un sovraccarico distribuito al termine della prova di 3 kN/ml mediante l'ausilio di n°3 martinetti idraulici, con contrasto costituito dalla muratura esistente lato monte lungo la rampa della scala;

La prova andrà condotta con l'applicazione di incrementi di carico corrispondenti a valori non superiori a $0,6 \text{ kN/ml}$, applicati in progressione ed attendendo adeguati tempi di stabilizzazione delle deformazioni del manufatto. Occorrerà provvedere al monitoraggio degli spostamenti mediante n° 7 trasduttori potenziometrici con precisione $0,01 \text{ mm}$ collegati in linea con unità di acquisizione dati, disponendo la contemporanea rilevazione con cella di carico della forza applicata.

Schema di esecuzione della prova:



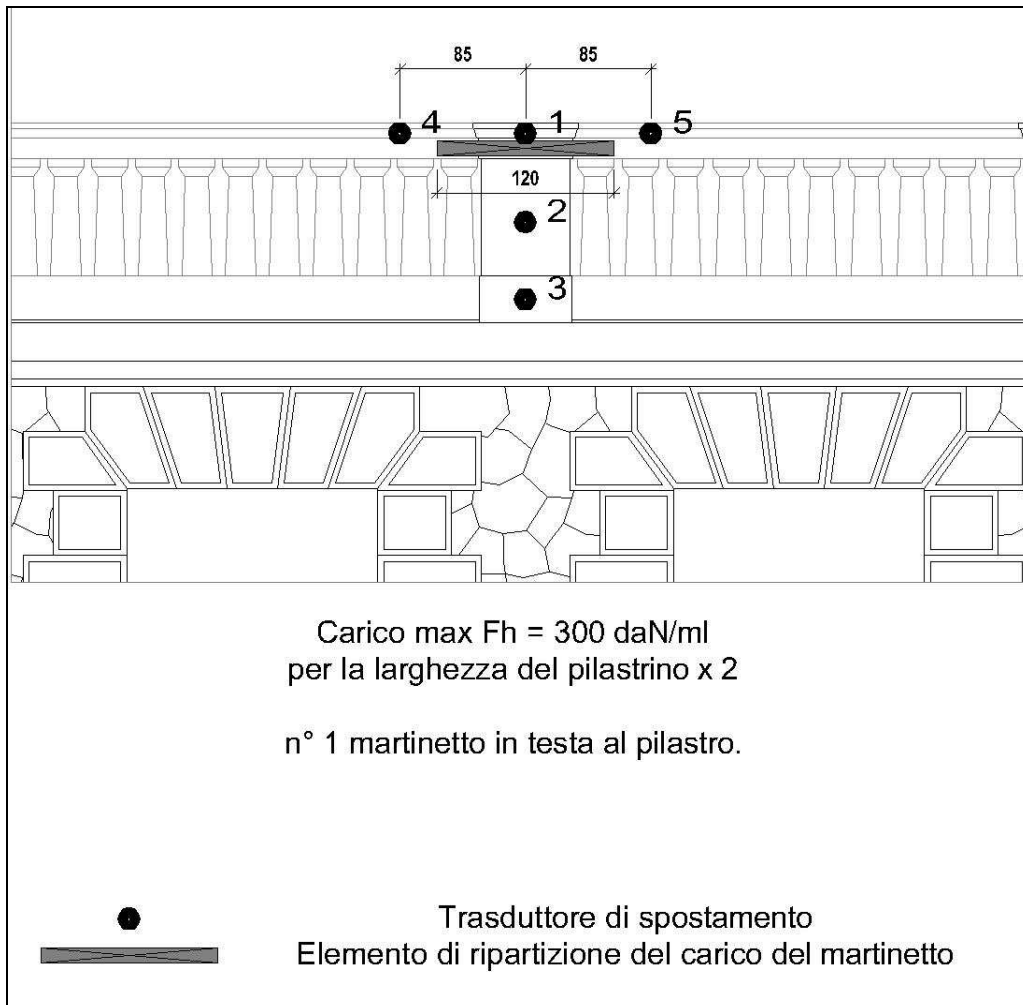
9.1.3 Prove di carico su pilastrini (da effettuarsi in corrispondenza del pilastro ubicato fra le campate 82 ed 83 o altro indicato dalla DL)

La prova di carico da effettuarsi a livello della balconata per la verifica dell'esito degli interventi di consolidamento realizzati sui pilastrini dovrà essere eseguita in corrispondenza del pilastro ubicato fra le campate 82 ed 83 (altro pilastro indicato dalla DL) mediante l'applicazione di carico concentrato in testa al pilastro, adeguatamente ripartito su una larghezza doppia di quella del pilastro stesso, equivalente ad un sovraccarico distribuito al termine della prova di 3 kN/ml mediante l'ausilio di n°1 martinetto idraulico, con adeguati elementi di contrasto appositamente predisposti (autocarro a tre assi, serbatoi zavorrati con acqua, blocchi in cls, ecc...);

La prova andrà condotta con l'applicazione di incrementi di carico corrispondenti a valori non superiori a 0,6 kN/ml, applicati in progressione ed attendendo adeguati tempi di stabilizzazione delle deformazioni del manufatto.

Occorrerà provvedere al monitoraggio degli spostamenti mediante n° 5 trasduttori potenziometrici con precisione 0,01 mm collegati in linea con unità di acquisizione dati, disponendo la contemporanea rilevazione con cella di carico della forza applicata.

Schema di esecuzione della prova:



Capitolo 3 MATERIALI E PRODOTTI

Art. 10 Materiali e prodotti per uso strutturale

10.1. Identificazione e certificazione

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati mediante la descrizione, a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente oppure, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento;
- accettati dal direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle presenti norme per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

10.2. Prove sperimentali

Tutte le prove sperimentali che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o qualificazione sia per quelle di accettazione.

I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei Laboratori ufficiali depositato presso il Servizio tecnico centrale del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale sia prevista la marcatura CE ai sensi del D.P.R. 21.04.1993 n. 246, ovvero la qualificazione secondo le presenti norme, la relativa "attestazione di conformità" deve essere consegnata alla direzione dei lavori.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal Servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei LL.PP., che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate ovvero a quelle previste nelle Norme tecniche per le costruzioni.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN o nazionali UNI, o internazionali ISO, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato.

Le proprietà meccaniche o fisiche dei materiali che concorrono alla resistenza strutturale devono essere misurate mediante prove sperimentali, definite su insiemi statistici significativi.

10.3. Procedure di controllo di produzione in fabbrica

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati dalle Norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008 devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto o ente di controllo.

10.4. Certificato d'accettazione

Il direttore dei lavori per i materiali e i prodotti destinati alla realizzazione di opere strutturali e in generale nelle opere di ingegneria civile, ai sensi del paragrafo 2.1. delle Norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, dovrà redigere il relativo certificato d'accettazione.

Art. 11 Acciaio per strutture metalliche

11.1. Generalità

L'acciaio per strutture metalliche deve rispondere alle prescrizioni delle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Possono essere impiegati prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali della direttiva 89/106/CEE. Tale equivalenza sarà accertata dal Ministero delle infrastrutture, Servizio tecnico centrale.

È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli sopra indicati purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti norme.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova sono rispondenti alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI 552, UNI EN 10002-1, UNI EN 10045 -1.

Le tolleranze di fabbricazione devono rispettare i limiti previsti dalla EN 1090.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / 2(1 + \nu) \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
Coefficiente di espansione termica lineare (per temperature fino a 100°C)	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densità	$\rho = .7850 \text{ kg/m}^3$

11.2. Acciaio laminato

11.2.1 Prodotti piani e lunghi

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti e lamiere devono appartenere a uno dei tipi previsti nella norma EN 10025-1:6 e devono essere in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio tecnico centrale secondo le procedure di cui al punto 11.6.

Il produttore dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.I dell'appendice ZA della norma europea EN 10025-1. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche.

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al D.P.R. n. 246/1993.

11.2.2 Profilati cavi

Gli acciai di uso generale in forma di profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo) devono appartenere a uno dei tipi aventi le caratteristiche meccaniche riportate nelle specifiche norme europee elencate nella successiva tabella 11.1 nelle classi di duttilità JR, JO, J2 e K2.

Il produttore dichiara le caratteristiche tecniche che devono essere contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al D.P.R. n. 246/1993.

Le caratteristiche tecniche per i profilati cavi devono essere in accordo con quanto previsto dalle tabelle delle norme di riferimento: EN 10210-1 e EN 10219-1, e riassunte come riportato nella tabella 11.1.

Tabella 11.1 - Caratteristiche tecniche per i profilati cavi

Acciaio	Norma europea	Tabelle di riferimento
Profilati cavi finiti a caldo	EN 10210-1	Non legati: A1, A.2, A.3 A grano fine: B1, B.2 - B.3
Profilati cavi saldati formati a freddo	EN 10219-1	A1, A2, A3 Materiale di partenza allo stato: Normalizzato: B1, B3, B4 Termomeccanico: B2, B3, B5

Le prove e i metodi di misura sono quelli previsti dalle norme suddette.

11.2.3 Controlli sui prodotti laminati

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui al punto 11.6.

11.2.4 Fornitura dei prodotti laminati

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

11.3. Acciaio per strutture saldate

11.3.1 Composizione chimica degli acciai

Gli acciai da saldare, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 11.2.1, devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti previsti dalle norme europee applicabili.

11.3.2 Fragilità alle basse temperature

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzato senza pericolo di rottura fragile, in assenza di dati più precisi, deve essere stimata sulla base della temperatura T alla quale per detto acciaio può essere garantita una resilienza KV , secondo le norme europee applicabili.

La temperatura T deve risultare minore o uguale a quella minima di servizio per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di sforzi, saldature di testa o d'angolo non soggette a controllo, o accentuate deformazioni plastiche di formatura. A parità di altre condizioni, via via che diminuisce lo spessore, la temperatura T può innalzarsi a giudizio del progettista fino ad una temperatura di circa 30°C maggiore di quella minima di servizio per spessori dell'ordine di 10 millimetri.

Un aumento può aver luogo anche per spessori fino a 25 mm via via che l'importanza dell'elemento strutturale decresce o che le altre condizioni si attenuano.

11.4. Bulloni e Chiodi

11.4.1 Bulloni

I bulloni, conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN ISO 4016 ed alle UNI 5592, devono appartenere alle sotto indicate classi delle UNI EN 20898, associate nel modo indicato nella tabella 11.2.

Tabella 11.2 – Classi di bulloni (UNI EN 20898)

Elemento	Normali			Ad alta resistenza	
	Vite	4.6	5.6	6.8	8.8
Dado	4	5	6	8	10

11.4.2 Bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella 11.2, viti e dadi devono essere associati come indicato nella tabella 11.3.

Viti, dadi, rosette e/o piastrine devono provenire da un unico produttore.

Tabella 11.3 – Riferimenti normativi

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 - 10.9 secondo UNI EN 898-1	UNI 5712
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2	UNI 5713
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷40	UNI 5714
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI 5715 UNI 5716

11.5. Acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali, è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione e al controllo.

11.6. Procedure di controllo su acciai da carpenteria

11.6.1 Generalità

I prodotti assoggettabili al procedimento di qualificazione, suddivisi per gamma merceologica, sono:

- laminati mercantili, travi ad ali parallele del tipo IPE e HE, travi a I e profilati a U;
- profilati cavi circolari, quadrati o rettangolari senza saldature o saldati.

11.6.1.1 Profilati formati a freddo

Gli elementi profilati formati a freddo, ivi compresi i profilati cavi saldati non sottoposti a successive deformazioni o trattamenti termici, devono essere realizzati utilizzando lamiere o nastri di origine, qualificati secondo le procedure indicate ai successivi punti.

Il produttore dichiara, nelle forme, previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 dell'appendice ZA della norma europea EN 14782. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche, e sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al D.P.R. n. 246/1993.

I produttori possono, in questo caso, derogare dagli adempimenti previsti al punto 11.3.1. delle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni che quelli da parte del laboratorio incaricato) ma devono fare riferimento alla documentazione di accompagnamento dei materiali di base, qualificati all'origine, da essi utilizzati.

Il produttore deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche dei prodotti e che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I produttori sono tenuti a dichiarare al Servizio tecnico centrale la fabbricazione dei prodotti, realizzati con materiale base qualificato.

I prodotti finiti devono essere marcati, secondo le modalità previste dal punto 11.3.1. delle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, e il marchio deve essere depositato presso il Servizio tecnico centrale.

La dichiarazione sopracitata e il deposito del marchio devono essere confermati annualmente al Servizio tecnico centrale, con una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, oppure con una dichiarazione che descrive le avvenute variazioni.

Il Servizio tecnico centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica, e inoltre ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

11.6.2 Controlli in stabilimento

11.6.2.1 Suddivisione dei prodotti

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione.

Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo, i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica sono raggruppabili per gamme di spessori così come definito nelle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1. Sempre agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, JO, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento.

Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo di 40 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 in base al numero dei pezzi.

11.6.2.2 Prove di qualificazione

Ai fini della qualificazione il produttore deve produrre una idonea documentazione sulle caratteristiche chimiche, ove pertinenti, e meccaniche riscontrate per quelle qualità e per quei prodotti che intende qualificare.

La documentazione deve essere riferita a una produzione consecutiva relativa a un periodo di tempo di almeno sei mesi e a un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della produzione stessa, e comunque ≥ 2.000 t o ad un numero di colate o di lotti ≥ 25 .

Tale documentazione di prova deve basarsi sui dati sperimentali rilevati dal produttore, integrati dai risultati delle prove di qualificazione effettuate a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, incaricato dal produttore stesso.

Le prove di qualificazione devono riferirsi a ciascun tipo di prodotto, inteso individuato da gamma merceologica, classe di spessore e qualità di acciaio, ed essere relative al rilievo dei valori caratteristici; per ciascun tipo verranno eseguite almeno 30 prove su saggi appositamente prelevati.

La documentazione del complesso delle prove meccaniche deve essere elaborata in forma statistica calcolando, per lo snervamento e la resistenza a rottura, il valore medio, lo scarto quadratico medio e il relativo valore caratteristico delle corrispondenti distribuzioni di frequenza.

11.6.2.3 Controllo continuo della qualità della produzione

Il servizio di controllo interno della qualità dello stabilimento produttore deve predisporre un'accurata procedura atta a mantenere sotto controllo con continuità tutto il ciclo produttivo. In particolare, per quanto riguarda i prodotti finiti, deve procedere a una rilevazione di tutte le caratteristiche chimiche, ove applicabili, e meccaniche previste dalle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

La rilevazione dei dati di cui sopra deve essere ordinata cronologicamente su appositi registri distinti per qualità, per prodotto o per gruppi di prodotti (come sopra indicato) e per gamme di spessori, come specificato nella norma di prodotto.

Per ogni colata, o per ogni lotto di produzione, contraddistinti dal proprio numero di riferimento, viene prelevato dal prodotto finito un saggio per colata, e comunque un saggio ogni 80 t, oppure un saggio per lotto, e comunque un saggio ogni 40 t o frazione; per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione è definito dalle relative norme UNI di prodotto, in base al numero dei pezzi.

Dai saggi di cui sopra verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 rilevando il quantitativo in tonnellate di prodotto finito cui la prova si riferisce.

Per quanto concerne f_y e f_t i dati singoli raccolti, suddivisi per qualità e prodotti (secondo le gamme dimensionali) vengono riportati su idonei diagrammi per consentire di valutare statisticamente nel tempo i risultati della produzione rispetto alle prescrizioni delle Norme tecniche.

I restanti dati relativi alle caratteristiche chimiche, di resilienza e di allungamento vengono raccolti in tabelle e conservati, dopo averne verificato la rispondenza alle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per quanto concerne le caratteristiche chimiche e, per quanto concerne resilienza e allungamento, alle prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi.

È cura e responsabilità del produttore individuare, a livello di colata o di lotto di produzione, gli eventuali risultati anomali che portano fuori limiti la produzione e di provvedere a ovviarne le cause. I diagrammi sopra indicati devono riportare gli eventuali dati anomali.

I prodotti non conformi devono essere deviati ad altri impieghi, previa punzonatura di annullamento, tenendone esplicita nota nei registri.

La documentazione raccolta presso il controllo interno di qualità dello stabilimento produttore deve essere conservata a cura del produttore.

11.6.2.4 Verifica periodica della qualità

Il laboratorio incaricato effettua periodicamente a sua discrezione e senza preavviso, almeno ogni sei mesi, una visita presso lo stabilimento produttore nel corso della quale su tre tipi di prodotto, scelti di volta in volta tra qualità di acciaio, gamma merceologica e classe di spessore, effettuerà per ciascun tipo non meno di 30 prove a trazione su

provette ricavate sia da saggi prelevati direttamente dai prodotti sia da saggi appositamente accantonati dal produttore in numero di almeno 2 per colata o lotto di produzione, relativi alla produzione intercorsa dalla visita precedente.

Inoltre il laboratorio incaricato effettua le altre prove previste (resilienza e analisi chimiche) sperimentando su provini ricavati da tre campioni per ciascun tipo sopraddetto.

Infine si controlla che siano rispettati i valori minimi prescritti per la resilienza e quelli massimi per le analisi chimiche.

Nel caso che i risultati delle prove siano tali per cui viene accertato che i limiti prescritti non siano rispettati, vengono prelevati altri saggi (nello stesso numero) e ripetute le prove.

Ove i risultati delle prove, dopo ripetizione, fossero ancora insoddisfacenti, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha avviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Per quanto concerne le prove di verifica periodica della qualità per gli acciai con snervamento o resistenza inferiori al tipo S235 si utilizza un coefficiente di variazione pari a 9%.

Per gli stessi acciai con caratteristiche comprese tra i tipi S235 e S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari all'8%.

Per gli stessi acciai con snervamento o rottura superiore al tipo S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari al 6%.

Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua nell'ultimo semestre e nei casi in cui i quantitativi minimi previsti non siano rispettati, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

11.6.2.5 Controlli su singole colate

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici, i produttori possono richiedere di loro iniziativa di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, su singole colate di quei prodotti che, per ragioni produttive, non possono ancora rispettare le condizioni quantitative minime per qualificarsi.

Le prove da effettuare sono quelle relative alle UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 ed i valori da rispettare sono quelli di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi.

11.6.2.6 Officine di trasformazione

Si definisce *officina di trasformazione* un impianto che riceve dal produttore di acciaio elementi base e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in acciaio.

L'officina di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista dall'attestato di qualificazione del Servizio tecnico centrale.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nell'officina di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate nel controllo di produzione in fabbrica.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo di lavorazione e deve assicurarsi che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla consegna.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali devono comprendere l'attestato di qualificazione del Servizio tecnico centrale degli elementi base e il certificato del sistema di gestione della qualità.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile l'officina di trasformazione stessa, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine; tale marcatura sarà depositata presso il Servizio tecnico centrale.

Le officine di trasformazione sono identificate come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenute ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere.

A tal fine è fatto obbligo a tali officine di nominare un direttore tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al direttore dei lavori.

L'esecuzione delle prove presso l'officina di trasformazione non esclude che il direttore dei lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni.

Le officine di trasformazione sono tenute a dichiarare al Servizio tecnico centrale la loro attività, indicando la loro organizzazione, i procedimenti di saldatura e di sagomatura impiegati, i materiali utilizzati, nonché le modalità di marcatura per l'identificazione dell'officina, e inoltre devono fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

Nella dichiarazione deve, inoltre, essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al direttore tecnico dell'officina, controfirmata dallo stesso per accettazione e assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali.

Il Servizio tecnico centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio tecnico centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, oppure una in cui siano descritte le avvenute variazioni.

Ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali deve essere accompagnata, in aggiunta alla documentazione relativa all'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio tecnico centrale, da copia dei certificati delle prove fatte eseguire dal direttore tecnico responsabile dello stabilimento e della sopra citata dichiarazione.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

11.6.2.7 Centri di prelaborazione di componenti strutturali

Si definiscono centri di prelaborazione o di servizio, quegli impianti che, ricevendo dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) realizzano elementi singoli prelaborati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di trasformazione per la realizzazione di strutture complesse nell'ambito delle costruzioni.

Il centro di prelaborazione deve dotarsi di un sistema di garanzia della qualità delle lavorazioni allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche del materiale e che il prodotto finito abbia i requisiti previsti dalle presenti norme.

È fatto obbligo a tali centri di nominare un responsabile tecnico che dovrà certificare che tutte le prelaborazioni siano state eseguite in conformità alle specifiche richieste. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.

11.6.3 Controlli in cantiere

I controlli in cantiere sono obbligatori.

Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo tre prove, di cui almeno una sullo spessore massimo ed una sullo spessore minimo.

I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle per i profilati cavi per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per le caratteristiche chimiche.

Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.

Si deve inoltre controllare che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nella EN 1090 e che quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.

11.6.3.1 Prelievo e domanda di prova al laboratorio

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori, dal direttore tecnico, o da un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori ovvero dal direttore tecnico e deve essere integrata dalla dichiarazione di impegno, rilasciata dal legale rappresentante dell'officina di trasformazione, ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine, e dalla nota di incarico al direttore tecnico dell'officina di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali; la domanda deve contenere precise

indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai fini del D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

11.6.3.2 Certificato di prova

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i risultati delle prove eseguite.

I certificati devono, inoltre, riportare l'indicazione del marchio identificativo rilevato. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza con riferimento alle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

11.6.4 Bulloni e chiodi

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato, con livello di attestazione della qualità 2+, da parte di un organismo notificato, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al Servizio tecnico centrale la loro attività, con specifico riferimento al processo produttivo ed al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio tecnico centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, oppure una in cui siano descritte le avvenute variazioni.

Il Servizio tecnico centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

Ogni fornitura in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche di bulloni o chiodi deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del Servizio tecnico centrale. I controlli di accettazione sono obbligatori e devono rispettare i piani di campionamento e le prescrizioni di cui alla UNI EN 20898/1, della quale si riportano in estratto nelle successive tabelle 11.4 e 11.5, e UNI EN 20898/2.

Tabella 11.4 – Direttiva per i programmi di prova

Dimensioni	Viti con diametro di filettatura $d < 4$ mm o con lunghezza nominale $l < 2.5d$ ¹⁾	Viti con diametro d filettatura $d > 4$ mm e con lunghezza nominale $l > 2.5d$
Prova per l'accettazione	○	●

1) Inoltre, viti con particolari configurazioni della testa e del gambo meno resistenti della parte filettata.

Tabella 11.5 – Programmi di prova A e B per l'accettazione (si riferiscono alle caratteristiche meccaniche e non a quelle chimiche)

Gruppo di prova	Caratteristica	Programma di prova A		Programma di prova B	
		Metodo di prova	Classi di resistenza	Metodo di prova	Classi di resistenza

				3.6 4.6 5.6	8.8 9.8 10.9 12.9			3.6 4.6 4.8 5.6 5.8 6.6	8.8 9.8 10.9 12.9	
I	5.1 e 5.2	Carico di rottura minimo, R_m	8.1	Prova di trazione	●	●	8.2	Prova di trazione ¹⁾	●	●
	5.3	Durezza minima ²⁾	8.3	Prova di durezza ³⁾	○	○	8.3	Prova di durezza ³⁾	○	○
	5.4 e 5.5	Durezza massima			● ○	● ○			● ○	● ○
	5.6	Durezza massima superficiale				● ○				● ○
II	5.7	Carico unitario di snervamento minimo, R_{el}	8.1	Prova di trazione su provetta	●					
	5.8	Carico unitario di scostamento della proporzionalità, $R_{p0.2}$	8.1	Prova di trazione		●				
	5.9	Carico unitario di prova, S_p					8.4	Prova di carico	●	●
III	5.10	Allungamento percentuale minimo dopo rottura, A min.	8.1	Prova di trazione	●	●				
	5.11	Resistenza a trazione con appoggio a cuneo ⁴⁾					8.5	Prova di trazione con appoggio a cuneo ¹⁾	●	●
IV	5.12	Resilienza minima	8.6	Prova di resilienza ⁵⁾	● ⁶⁾	●	8.6			
	5.13	Tenacità della testa ⁷⁾					8.7	Prova di tenacità della testa	○	○
V	5.14	Zona massima di decarburazione	8.8	Prove di decarburazione		● ○	8.8	Prova di decarburazione		● ○
	5.15	Temperatura minima di rinvenimento	8.9	Prova di secondo rinvenimento		● ○	8.9	Prova di secondo rinvenimento		● ○
	5.16	Difetti superficiali	8.10	Controllo dei difetti superficiali	● ○	● ○	8.10	Controllo dei difetti superficiali	● ○	● ○

1) Se la prova di trazione con appoggio a cuneo è soddisfacente, non è necessario eseguire la prova di trazione assiale su vite.

2) La prova di durezza minima viene eseguita solamente su prodotti aventi lunghezza nominale $l < 2.5d$ e su altri prodotti che non possono essere sottoposti a prove di trazione (per esempio a causa della forma della testa).

3) La prova di durezza può essere eseguita secondo i metodi Vickers, Brinnell o Rockwell. In caso di incertezza è comunque decisiva la prova Vickers.

4) Le viti aventi teste di forma particolare che siano meno resistenti della sezione resistente sono escluse dalla prova di trazione con cuneo.

5) Solamente per viti con diametro nominale di filettatura $d \geq 18$ mm, e solo su richiesta del committente.

6) Solamente per la classe di resistenza 5.6.

7) Solamente per viti di diametro nominale di filettatura $d \leq 16$ mm e di lunghezza troppo corta per poter eseguire la prova di trazione con appoggio a cuneo.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori, dal direttore tecnico, o da un tecnico di sua fiducia, che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori ovvero dal direttore tecnico e deve essere integrata dalla dichiarazione di impegno, rilasciata dal legale rappresentante dell'officina di trasformazione, ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine e dalla nota di incarico al direttore tecnico dell'officina di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai fini del D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

11.7. Norme di riferimento

11.7.1 Esecuzione

UNI 552:1986 - Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni.

UNI 3158:1977 - Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale. Qualità, prescrizioni e prove.

UNI ENV 1090-1:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici.

UNI ENV 1090-2:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per componenti e lamiere di spessore sottile formati a freddo.

UNI ENV 1090-3:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per gli acciai ad alta resistenza allo snervamento.

UNI ENV 1090-4:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per strutture reticolari realizzate con profilati cavi.

UNI ENV 1090-6:2003 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per l'acciaio inossidabile.

UNI EN ISO 377:1999 - Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche.

UNI EN 10002-1:1992 - Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente).

UNI EN 10045-1:1992 - Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova.

11.7.2 Elementi di collegamento

UNI EN ISO 898-1:2001 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Viti e viti prigioniere.

UNI EN 20898-2:1994 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso.

UNI EN 20898-7:1996 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm.

UNI 5592:1968 - Dadi esagonali normali. Filettatura metrica Iso a passo grosso e a passo fine. Categoria C.

UNI EN Iso 4016:2002 - Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Categoria C.

11.7.3 Profilati cavi

UNI EN 10210-1:1996 - Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura.

UNI EN 10210-2:1999 - Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo.

UNI EN 10219-1:1999 - Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura.

UNI EN 10219-2:1999 - Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo.

11.7.4 Prodotti laminati a caldo

UNI EN 10025-1:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura.

UNI EN 10025-2:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali.

UNI EN 10025-3:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato.

UNI EN 10025-4:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica.

UNI EN 10025-5:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica.

UNI EN 10025-6:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati.

11.7.5 Saldature

11.7.5.1 Raccomandazioni e procedure

UNI EN 288-3:1993 - Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Prove di qualificazione della procedura di saldatura per la saldatura ad arco di acciai.

UNI EN ISO 4063:2001 - Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli. Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni.

UNI EN 1011-1:2003 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Guida generale per la saldatura ad arco.

UNI EN 1011-2:2003 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Saldatura ad arco per acciai ferritici.

UNI EN 1011-3:2005 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Saldatura ad arco di acciai inossidabili.

UNI EN 1011-4:2005 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 4: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle leghe di alluminio.

UNI EN 1011-5:2004 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 5: Saldatura degli acciai placcati.

11.7.5.2 Preparazione dei giunti

UNI EN 29692:1996 - Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco in gas protettivo e saldatura a gas. Preparazione dei giunti per l'acciaio.

11.7.5.3 Qualificazione dei saldatori

UNI EN 287-1:2004 - Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte 1: Acciai.

UNI EN 1418:1999 - Personale di saldatura. Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici.

11.7.5.4 Controlli non distruttivi

UNI EN 1713:2003 – Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature.

UNI EN 1714:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati.

UNI EN 1289:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature mediante liquidi penetranti. Livelli di accettabilità.

UNI EN 1290:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature.

UNI EN 12062:2004 - Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici.

UNI EN 473:2001 - Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.

11.8. Zincatura a caldo

Qualunque manufatto metallico oggetto del presente capitolato dovrà essere soggetto al processo di zincatura a caldo secondo il seguente ciclo di lavorazione, nel rispetto delle norme EN ISO 1461/99 e CEI 7-6:

- sgrassaggio: per l'eliminazione di eventuali tracce di grasso, vernici e scorie di saldatura che i pezzi possono portarsi dietro dalle precedenti lavorazioni;
- decapaggio e lavaggio: mediante acido cloridrico per eliminare le tracce di ossidi di ferro;
- flussaggio: i manufatti di ferro vengono immersi nella vasca di flussaggio costituita da sale doppio di zinco e ammonio ($ZnCl_2 \cdot NH_4Cl_2 \cdot H_2O$) per eliminare ogni impurità presente sul ferro ed evitare che lo zinco sottostante si ossidi;
- essiccazione e preriscaldamento: in locali idonei a circa 100 °C per eliminare qualsiasi traccia di liquido dai pezzi;
- immersione nello zinco fuso: in apposite vasche con zinco fuso, puro al 99,995 % (norma UNI EN ISO 1179) a circa 450°C per un idoneo tempo di immersione;

- raffreddamento e finitura.

Secondo la norma EN ISO 1461/99 a lavorazione ultimata lo strato di zincatura non dovrà essere inferiore allo spessore minimo rapportato alla sezione del manufatto secondo la seguente tabella:

spessore dell'acciaio (mm)	minimo spessore locale del rivestimento (micron)	minimo spessore medio del rivestimento (micron)
acciaio > 6 mm	70	85
3 mm < acciaio < 6 mm	55	70
1,5 mm < acciaio < 3 mm	45	55
acciaio < 1,5 mm	35	45
fusioni >= 6 mm	70	80
fusioni < 6 mm	60	70

Art. 12 Muratura portante

12.1. Elementi per muratura

Gli elementi per muratura portante devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa norma europea armonizzata della serie EN 771, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella tabella 10.1.

Tabella 10.1 – Attestazione di conformità

Specifica tecnica europea di riferimento	Categoria	Sistema di attestazione della conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata. UNI EN 771-1-2-3-4-5	1	2+
	2	4

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993.

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria 1 e 2 è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza ammissibile, del corrispondente coefficiente di sicurezza γ_m .

Il produttore degli elementi per muratura portante dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui alla tabella 10.2, in conformità all'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea della serie EN 771.

Tabella 10.2 – Caratteristiche tecniche degli elementi in muratura

Parametro	Norma UNI EN di riferimento
Dimensioni e tolleranze dimensionali	UNI EN 772-16
Configurazione (in disegno o tabella da allegare)	UNI EN 772-3, 772-9, 772-16
Categoria (I o II)	UNI EN 771-1
Densità apparente	UNI EN 772-13
Resistenza caratteristica a compressione (direzione dei carichi verticali)	UNI EN 772-1
Resistenza caratteristica a compressione media in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura	UNI EN 772-1

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al punto ZA.3 della relativa norma europea.

In particolare, per quanto riguarda la resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali, la resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e in direzione ortogonale ai carichi verticali e le specifiche sulle malte per murature, si specifica quanto riportato nei paragrafi seguenti.

Gli elementi da impiegarsi nelle murature dovranno avere facce piane e spigoli regolari, essere esenti da screpolature, fessure e cavità e presentare superfici atte all'adesione delle malte. I mattoni da paramento dovranno presentare in maniera particolare regolarità di forma, integrità superficiale e sufficiente uniformità di colore per l'intera partita.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale).

Gli elementi possono avere incavi di limitata profondità destinati a essere riempiti dal letto di malta.

12.2. Elementi resistenti in muratura

12.2.1 Elementi artificiali

Per gli elementi resistenti artificiali (laterizio o calcestruzzo) da impiegare con funzione resistente si applicano le prescrizioni riportate al punto 11.10.1. delle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale).

Per l'impiego nelle opere trattate dalla presente norma, gli elementi sono classificati in base alla percentuale di foratura ϕ ed all'area media della sezione normale di ogni singolo foro f . I fori devono essere distribuiti pressoché uniformemente sulla faccia dell'elemento. La percentuale di foratura è espressa dalla relazione:

$$\phi = 100 F/A$$

dove:

F = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti;

A = area lorda della faccia dell'elemento di muratura delimitata dal suo perimetro.

La tabella 10.3 riporta la classificazione per gli elementi in laterizio.

Gli elementi possono avere incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta.

Tabella 10.3 - Classificazione elementi in laterizio

Elementi	Percentuale di foratura	f
Pieni	$\phi \leq 15\%$	$f \leq 900 \text{ mm}^2$
Semipieni	$15\% < \phi \leq 45\%$	$f \leq 1200 \text{ mm}^2$
Forati	$45\% < \phi \leq 55\%$	$f \leq 1500 \text{ mm}^2$

12.2.2 Elementi naturali

Gli elementi naturali sono ricavati da materiale lapideo che deve essere non friabile o sfaldabile, e resistente al gelo. Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili o residui organici. Gli elementi murari devono essere integri senza zone alterate o removibili.

Gli elementi devono possedere i requisiti di resistenza meccanica e adesività alle malte determinati secondo le modalità descritte nel paragrafo 11.10 delle Norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008

L'impiego di elementi provenienti da murature esistenti è subordinato al soddisfacimento dei requisiti sopra indicati, al ripristino della freschezza delle superfici a mezzo di pulitura e lavaggio delle superfici stesse e al controllo dell'integrità strutturale dell'elemento con verifica della capacità di svolgere funzione statica.

12.2.3 Norme di riferimento

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione e i metodi di prova, si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI EN 771-1 - Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi per muratura di laterizio.

UNI EN 771-2 - Specifica per elementi di muratura - Parte 2: Elementi di muratura di silicato di calcio.

UNI EN 771-3 - Specifica per elementi di muratura - Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri).

UNI EN 771-4 - Specifica per elementi di muratura - Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato.

- UNI EN 771-5** - Specifica per elementi di muratura - Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata.
- UNI EN 771-6** - Specifica per elementi di muratura - Elementi di muratura di pietra naturale.
- UNI EN 772-1** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza a compressione.
- UNI EN 772-2** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'area percentuale dei vuoti in elementi di muratura in calcestruzzo (metodo dell'impronta su carta).
- UNI EN 772-3** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica.
- UNI EN 772-4** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della massa volumica reale ed apparente e della porosità aperta e totale degli elementi di muratura in pietra naturale.
- UNI EN 772-5** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del tenore di sali solubili attivi degli elementi di muratura di laterizio.
- UNI EN 772-6** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza a trazione per flessione degli elementi di muratura di calcestruzzo.
- UNI EN 772-7** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'assorbimento d'acqua di strati impermeabili all'umidità di elementi di muratura di laterizio mediante bollitura in acqua.
- UNI EN 772-9** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del volume e della percentuale dei vuoti e del volume netto degli elementi di muratura in silicato di calcio mediante riempimento con sabbia.
- UNI EN 772-10** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del contenuto di umidità in elementi di muratura in silicato di calcio e in calcestruzzo aerato autoclavato.
- UNI EN 772-11** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di calcestruzzo, di materiale lapideo agglomerato e naturale dovuta alla capillarità e al tasso iniziale di assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di laterizio.
- UNI EN 772-14** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della variazione di umidità di elementi di muratura di calcestruzzo e di materiale lapideo agglomerato.
- UNI EN 772-15** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della permeabilità al vapore acqueo di elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato.
- UNI EN 772-16** - Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 16: Determinazione delle dimensioni.
- UNI EN 772-18** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza al gelo/disgelo degli elementi di muratura di silicato di calcio.
- UNI EN 772-19** - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della dilatazione all'umidità di grandi elementi da muratura in laterizio con fori orizzontali.
- UNI EN 772-20** - Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 20: Determinazione della planarità delle facce degli elementi di muratura.

12.3. Resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali

La resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali degli elementi deve essere dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

Nel caso venga utilizzato un numero di campioni pari a 30, la resistenza caratteristica viene ricavata mediante la seguente formula:

$$f_{bk} = f_{bm} - k \cdot s$$

dove:

f_{bm} = media aritmetica delle resistenze unitarie dei campioni;

s = scarto quadratico medio.

Nel caso in cui il numero n dei campioni sia compreso tra 10 e 29, il coefficiente moltiplicatore di s assume convenzionalmente i valori k di cui alla tabella 10.4.

Tabella 10.4 – Valori di k in relazione al numero dei campioni

<i>n</i>	10	12	16	20	25
<i>k</i>	2,13	2,06	1,98	1,93	1,88

In entrambi i casi sopra riportati e qualora il valore *s* calcolato risultasse inferiore a 0,08 f_{bm} si deve introdurre nella formula quest'ultimo valore. Qualora il valore di s/f_{bm} risultasse superiore a 0,2 il valore della resistenza f_{bk} deve essere considerato non accettabile.

Nel caso infine in cui la prova venga effettuata su un numero di campioni compreso fra 6 e 9 la resistenza caratteristica viene assunta pari al minimo dei seguenti due valori:

- 0,7 f_{bm} [N/mm²];
- il valore minimo della resistenza unitaria del singolo campione.

Le formule sopra riportate si applicano alle prove effettuate annualmente; non si applicano alle prove di autocontrollo effettuate dal produttore, per le quali valgono le indicazioni riportate nella relativa UNI EN 771, sia per quanto riguarda la quantità di campioni che la periodicità delle prove.

12.4. Resistenza caratteristica a compressione

La determinazione della resistenza caratteristica a compressione nella direzione ortogonale a quella dei carichi verticali nel piano della muratura \bar{f}_{bk} è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

La resistenza caratteristica è dedotta da quella media \bar{f}_{bm} dei 6 campioni mediante la relazione:

$$\bar{f}_{bk} = 0,7 \cdot \bar{f}_{bm}$$

12.5. Malte per muratura

La malta da muratura deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere dotata di attestato di conformità all'annesso ZA della norma europea EN 998-2 (marcatura CE).

Il fabbricante di malta dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.I a) dell'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea EN 998-2.

Il sistema di attestazione della conformità delle malte, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, è indicato nella tabella 10.5.

Tabella 10.5 – Attestazione di conformità

Specifica tecnica europea di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione della conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+
	Uso non strutturale	4

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993

Per garantire durabilità è necessario che i componenti della miscela non contengano sostanze organiche o terrose o argillose o grassi. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche e i requisiti previsti dalle vigenti norme (regii decreti 16 novembre 1939, n. 2231 e n. 2230; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 31 agosto 1972 e successive integrazioni o modificazioni).

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera *M* seguita da un numero che indica la resistenza f_m espressa in N/mm² secondo la tabella 10.6. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza $f_m \leq 1$ N/mm².

Tabella 10.6 - Classi di malta

Classe	M2,5	M5	M10	M15	M20	Md
Resistenza a compressione N/mm ²	2,5	5	10	15	20	d

d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm² dichiarata dal produttore.

12.5.1 Malte tradizionali

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva né contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa.

La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose.

Le calce aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme: R.D. 16 novembre 1939, n. 2230 e R.D. n. 2231; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 3 agosto 1972.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel D.M. 3 giugno 1968 così come modificato dal D.M. 13 settembre 1993.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo le tabelle 10.7 e 10.8.

Tabella 10.7 - Classe e tipi di malta (D.M. 20 novembre 1987)

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M4	Idraulica	-	-	1	3	-
M4	Pozzolonica	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	2	9	-
M3	Bastarda	1	-	1	5	-
M2	Cementizia	1	-	0,5	4	-
M1	Cementizia	1	-	-	3	-

Tabella 10.8 - Rapporti di miscela delle malte (AITEC)

Tipo di malta	Rapporti in volume	Quantità per 1 m ³ di malta [kg]
Calce idrata, sabbia	1: 3,5	142-1300
	1: 4,5	110-1300
Calce idraulica, sabbia	1:3	270-1300
	1:4	200-1300
Calce eminentemente idraulica, sabbia	1:3	330-1300
	1:4	250-1300
Calce idrata, cemento, sabbia	2:1:8	125-150-1300
	2:1:9	110-130-1300
Cemento, sabbia	1:3	400-1300
	1:4	300-1300

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante.

Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

- 12 N/mm² per l'equivalenza alla malta M1;
- 8 N/mm² per l'equivalenza alla malta M2;
- 5 N/mm² per l'equivalenza alla malta M3;
- 2,5 N/mm² per l'equivalenza alla malta M4.

12.5.2 Malte premiscelate

L'impiego di malte premiscelate e pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi.

Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

12.5.3 Metodi di prova delle malte cementizie

Sulle malte cementizie la direzione dei lavori può fare eseguire le seguenti prove:

UNI 7044 - Determinazione della consistenza delle malte cementizie mediante l'impiego di tavola a scosse.

UNI EN 1015-1 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della distribuzione granulometrica (mediante staccatura).

UNI EN 1015-2 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Campionamento globale e preparazione delle malte di prova.

UNI EN 1015-3 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante tavola a scosse).

UNI EN 1015-4 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante penetrazione della sonda).

UNI EN 1015-6 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della massa volumica apparente della malta fresca.

UNI EN 1015-7 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione del contenuto d'aria della malta fresca.

UNI EN 1015-19 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua delle malte da intonaco indurite.

UNI ENV 1170-8 - Malte e paste di cemento rinforzate con fibre di vetro (GRC). Prova mediante cicli climatici.

Art. 13 Malte e resine speciali

13.1. Malta fluida espansiva per ancoraggi

Malta premiscelata in polvere composta da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati e speciali additivi per l'ancoraggio di precisione di barre e tirafondi all'interno delle murature.

Preparazione del sottofondo

Rimuovere eventuale materiale deteriorato e in fase di distacco, fino ad avere un supporto solido e resistente.

Irruvidire la superficie ed eliminare completamente polvere, oli, grassi, detriti e lattime superficiale di cemento.

Bagnare a saturazione con acqua le pareti delle cavità da riempire.

Prima di gettare, attendere l'eliminazione e/o l'evaporazione dell'acqua in eccesso.

Per facilitare l'eliminazione dell'acqua non assorbita, utilizzare, se necessario, aria compressa o una spugna.

Preparazione della malta

Versare in betoniera il dosaggio di acqua prescritto dal produttore.

Mettere in moto la betoniera e poi aggiungere il prodotto lentamente con flusso continuo.

Mescolare per 1 - 2 minuti, staccare dalle pareti della betoniera la polvere non perfettamente dispersa; rimescolare per altri 2 - 3 minuti fino ad ottenere un impasto fluido e senza grumi.

A seconda dei quantitativi da preparare può essere impiegato anche un mescolatore per malte oppure un trapano dotato di agitatore, evitando in questo caso che si verifichi un eccessivo inglobamento d'aria.

Posa in opera

Colare la malta da un solo lato con flusso continuo, avendo cura di favorire la fuoriuscita dell'aria nella sede predisposta e di dimensione non inferiore a 2 volte il diametro della barra da ancorare.

Non è necessario sottoporre la malta a vibrazioni meccaniche; per facilitare il riempimento di spazi particolarmente difficili aiutarsi con listelli di legno o tondini di ferro.

Norme da osservare durante e dopo la messa in opera

Nessun accorgimento particolare deve essere preso con temperatura oscillante intorno ai +20°C.

Nella stagione calda è opportuno non esporre il materiale al sole ed impiegare acqua fredda per la preparazione dell'impasto.

Con temperatura bassa è opportuno impiegare per l'impasto acqua a circa +20°C.

Dopo il getto, la malta deve essere stagionata con cura; la superficie della malta esposta all'aria deve essere protetta dall'evaporazione rapida dell'acqua che può causare, soprattutto con clima caldo e/o ventoso, la formazione di fessurazioni superficiali dovute a ritiro plastico.

Nebulizzare acqua sulla superficie esposta all'aria durante le prime 24 ore di indurimento o stendere un adatto prodotto antievaporante.

Caratteristiche prestazionali

Massa volumica dell'impasto:	2.250 kg/m ³
Durata dell'impasto:	circa 1 h
Resistenza a compressione (EN 12190):	700 (a 28 gg) daN/cm ²
Resistenza a flessione (EN 196/1):	90 (a 28 gg) daN/cm ²
Espansione libera in fase plastica (ASTM 827):	≥ 0,3 %
Modulo elastico a compressione (EN 13412):	270.000 (a 28 gg) daN/cm ²
Adesione al supporto (EN 1542):	≥ 20 (a 28 gg) daN/cm ²

13.2. Malta tissotropica fibrorinforzata per interventi strutturali

Malta premiscelata in polvere composta da cemento, aggregati selezionati, speciali additivi e fibre sintetiche per ripristini corticali e spessoramento di elementi in acciaio con malte di medie prestazioni meccaniche.

Preparazione del sottofondo

Rimuovere eventuale materiale deteriorato e/o in fase di distacco, fino ad avere un supporto solido e resistente.

Eventuali precedenti interventi di ripristino che non risultino perfettamente aderenti devono essere asportati.

Pulire il sottofondo ed eventuale acciaio o ferro presente da polvere, ruggine, lattime di cemento, grassi, oli, vernici o pitture precedentemente applicate mediante spazzolatura e/o sabbiatura.

Bagnare a saturazione con acqua il sottofondo. Prima di utilizzare la malta attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso. Per facilitare l'eliminazione dell'acqua libera utilizzare, se necessario, aria compressa.

Preparazione della malta

Versare in betoniera il quantitativo di acqua corrispondente alla consistenza desiderata, a seconda del tipo di applicazione.

Mettere in moto la betoniera e poi aggiungere all'acqua precedentemente versata la malta lentamente con flusso continuo.

Mescolare per 1 - 2 minuti, verificare che l'impasto sia ben amalgamato, staccando dalla betoniera la polvere non perfettamente dispersa; rimescolare per altri 2 - 3 minuti.

A seconda dei quantitativi da preparare può essere impiegato anche un mescolatore per malta oppure un trapano dotato di agitatore. La miscelazione deve avvenire a bassa velocità, per evitare l'inglobamento d'aria.

Solo in via eccezionale si può ricorrere alla preparazione dell'impasto a mano: in questo caso preparare piccoli quantitativi per volta e mescolare per almeno 5 - 6 minuti, fino ad ottenere un impasto completamente omogeneo. Si ricorda comunque che la preparazione a mano richiede una maggiore quantità di acqua, con il conseguente peggioramento di alcune caratteristiche quali resistenza meccanica, ritiro, impermeabilità, ecc.

La malta rimane lavorabile per circa 1 ora a +20°C.

Perché sia efficace, occorre che la malta sia contrastata mediante armature o confinamenti adeguati creati nel sottofondo.

Riparti di malta di spessore superiore a 2 cm, in assenza di confinamento, devono essere eseguiti solo dopo aver posizionato dei ferri di contrasto ed irruvidito la superficie del supporto, avendo cura di applicare uno spessore di almeno 2 cm.

Spessori inferiori possono essere eseguiti anche in assenza di armature, purché il sottofondo sia stato fortemente irruvidito, in modo tale da contrastare l'espansione. L'azione espansiva si completa durante i primi giorni di indurimento.

Applicazione della malta

L'applicazione si esegue a spatola o a cazzuola senza necessità di casseri anche in verticale o a plafone; lo spessore massimo consentito è di 30 - 35 mm per strato.

La malta può essere applicata a spruzzo con idonea intonacatrice a pistoncini o a vite senza fine tipo Turbosol o Putzmeister, ad esclusione di macchine a miscelazione continua.

Qualora si renda necessario, applicare un secondo strato di malta, eseguire l'operazione prima che il precedente strato abbia ultimato la presa (non oltre 4 ore a +23°C).

Norme da osservare durante e dopo la messa in opera

Nella stagione calda immagazzinare il prodotto in luogo fresco ed impiegare acqua fredda per preparare la malta.

Nella stagione fredda immagazzinare il prodotto in luogo protetto dal gelo, alla temperatura di +20°C ed impiegare acqua tiepida per preparare la malta.

Dopo l'applicazione si consiglia di stagionare con cura la malta, per evitare che, specie nelle stagioni calde e nelle giornate ventose, l'evaporazione rapida dell'acqua d'impasto possa causare fessurazioni superficiali dovute al ritiro plastico; nebulizzare acqua sulla superficie 8 - 12 ore dopo l'applicazione della malta e ripetere l'operazione ciclicamente (ogni 3 - 4 ore) per almeno le prime 48 ore.

Pulizia

La malta non ancora indurita può essere lavata dagli attrezzi con acqua.

Dopo la presa, la pulizia diventa molto difficile e può essere effettuata solo per asportazione meccanica.

Caratteristiche prestazionali

Massa volumica dell'impasto:	2.200 kg/m ³
Durata dell'impasto:	circa 1 h (a +20°C)
Resistenza a compressione (EN 12190):	> 400 (a 28 gg) daN/cm ²
Resistenza a flessione (EN 196/1):	> 70 (a 28 gg) daN/cm ²
Adesione al supporto (EN 1542):	> 20 (a 28 gg) daN/cm ²
Modulo elastico a compressione (EN 13412):	250.000 (a 28 gg) daN/cm ²

13.3. Adesivo epossidico bicomponente tissotropico per incollaggio strutturale

Adesivo a due componenti a base di resine epossidiche, aggregati selezionati a grana fine e additivi speciali per la riparazione, l'incollaggio ed il rinforzo strutturale di elementi in pietra naturale ed artificiale.

Preparazione del sottofondo

Per assicurare una buona adesione dell'adesivo al sottofondo, particolare cura deve essere dedicata alla preparazione delle superfici da incollare. Il supporto in calcestruzzo, pietra naturale o laterizio deve essere pulito, solido e asciutto. Un'operazione sicuramente idonea per la preparazione del sottofondo è rappresentata dalla sabbiatura della superficie che è in grado di eliminare ogni parte incoerente o in fase di distacco, efflorescenze, lattime di cemento, tracce di olio e grassi.

Depolverizzare successivamente il sottofondo con aria compressa.

Dalle superfici in metallo deve essere tolta ogni traccia di ruggine, vernice e olio, preferibilmente mediante sabbiatura a metallo bianco (SA 2½).

Le temperature di applicazione non deve essere inferiore a +5°C.

Preparazione dell'impasto

Le due parti di cui è composta la malta vanno miscelate fra loro. Versare il componente B (bianco) nel componente A (grigio) e mescolare con trapano munito di agitatore a bassa velocità fino a completa omogeneizzazione dell'impasto (colore grigio uniforme). Evitare di prelevare quantitativi parziali dalle confezioni per non incorrere in accidentali errori di rapporto che porterebbero al mancato o incompleto indurimento.

Nel caso le confezioni debbano essere impiegate parzialmente utilizzare una bilancia elettronica di precisione rispettando il rapporto di miscelazione indicato dal produttore per entrambi i prodotti.

Applicazione dell'impasto

La malta può essere applicata su calcestruzzo, pietra, laterizio o metallo con spatola piana o cazzuola.

Per ottenere una buona aderenza si consiglia di eseguire la spalmatura su entrambe le superfici da incollare e di far penetrare molto bene il prodotto nelle zone particolarmente irregolari.

Dopo la spalmatura unire i pezzi da incollare e mantenerli fermi fino a completo indurimento dell'adesivo. Lo spessore sufficiente per avere un'ottima adesione tra le parti da incollare è circa 1 - 2 mm.

La temperatura ambientale influisce sul tempo di indurimento del prodotto: a +23°C rimane lavorabile per 35'.

Passato questo periodo comincia il processo di indurimento.

La malta deve essere applicata entro il tempo di vita utile; quindi, è opportuno organizzare il lavoro in modo tale da poter concludere l'intervento nei tempi indicati.

Norme da osservare prima della messa in opera

Nessun accorgimento particolare deve essere preso con temperatura compresa tra +10 e +30°C.

Nella stagione calda è opportuno non esporre il materiale al sole ed eseguire l'intervento di incollaggio nelle ore più fresche della giornata, in modo tale da impedire che il rapido indurimento del prodotto renda difficoltosa la sua applicazione.

Nei periodi invernali, nel caso si debbano eseguire interventi esterni con temperatura inferiore a +10°C, si raccomanda di riscaldare il sottofondo almeno 24 ore prima di eseguire l'incollaggio e di predisporre adeguati sistemi isolanti al fine di scongiurare un eventuale pericolo di gelo. L'isolamento termico deve essere mantenuto almeno per le 24 ore successive.

Immagazzinare, prima dell'utilizzo, il prodotto in ambiente riscaldato.

Caratteristiche prestazionali

Tempo di lavorabilità (a +23°C) (EN ISO 9514):	35 min.
Modulo elastico in compressione (EN 13412):	60.000 daN/cm ²
Resistenza a compressione (EN 12190):	> 700 daN/cm ²
Aderenza (EN 12188) pull out:	> 180 daN/cm ²

13.4. Resina epossidica bicomponente a bassissima viscosità per iniezioni

Adesivo epossidico, costituito da due componenti predosati (componente A = resina e componente B = induritore) che devono essere miscelati tra loro prima dell'uso, per il consolidamento e la risarcitura di lesioni di ridotte dimensioni in elementi di pietra naturale o artificiale, mediante iniezioni a bassa pressione in fori passanti nelle microfessure.

Sigillature di fessure mediante iniezione

Predisporre una serie di fori del diametro indicato in progetto distribuiti ai lati delle fessure ed orientati in modo tale da intercettare le stesse fessure.

Procedere ad un'accurata pulizia con aria compressa per eliminare la polvere depositata durante tale operazione.

Inserire nei fori gli appositi tubetti da iniezione e sigillare gli elementi interessati dall'intervento in maniera da evitare colature e/o fuoriuscite del prodotto.

Attendere l'indurimento delle sigillature (almeno 12 ore) e, quindi, iniettare aria compressa per accertarsi che il circuito di iniezione sia completamente aperto.

Preparazione del prodotto

Le due parti di cui è composto l'adesivo devono essere miscelate fra loro. Versare il componente B nel componente A e mescolare manualmente con una spatola (per le confezioni piccole) o con trapano munito di agitatore a basso numero di giri (per le confezioni più grandi), fino alla perfetta omogeneizzazione, evitando di inglobare aria.

Non prelevare quantitativi parziali dalle confezioni per evitare errori di dosaggio che porterebbero al mancato o incompleto indurimento. Nel caso in cui le confezioni debbano essere impiegate parzialmente, utilizzare una bilancia elettronica di precisione, rispettando il rapporto di miscelazione indicato dal produttore per entrambi i prodotti.

Applicazione del prodotto

Iniettare immediatamente dopo la preparazione con idonea pompa a partire dal tubetto posto più in basso fino alla fuoriuscita della resina dall'iniettore successivo. Chiudere il tubetto utilizzato per l'iniezione e proseguire ad iniettare da quello posizionato poco sopra, fino alla sigillatura completa della fessura. Nel caso di fessure orizzontali, queste possono essere sigillate versando l'adesivo semplicemente mediante colatura.

L'adesivo deve essere messo in opera entro 70 minuti dalla preparazione alla temperatura di +23°C. Evitare di usare l'adesivo quando la temperatura esterna e del supporto è inferiore a +10°C.

Pulizia

A causa dell'elevata adesione si consiglia di lavare gli attrezzi da lavoro con solventi (alcol etilico, toluolo, ecc.) prima dell'indurimento del prodotto.

Caratteristiche prestazionali

Massa volumica dell'impasto:	1,10 kg/l
Tempo di lavorabilità (a +23°C) (EN ISO 9514):	70 min
Iniettabilità in colonna di sabbia (EN 1771):	stato secco

– classe di iniettabilità (fessure da 0,1 mm):	1 min e 10 s
– trazione indiretta:	110 daN/cm ²
stato umido	
– classe di iniettabilità (fessure da 0,1 mm):	1 min e 39 s
– trazione indiretta:	100 daN/cm ²

13.5. Malta per allettamenti a base di calce idraulica naturale

Malta premiscelata in polvere da muratura, esente da cemento, composta da calce idraulica naturale (NHL) ed Eco - Pozzolana, sabbie naturali, speciali additivi, microfibre e fibre di vetro, per la realizzazione di allettamenti, sigillature e stilature di giunti di elementi in pietra naturale e/o artificiale.

Preparazione del supporto

Rimuovere, manualmente o con attrezzi meccanici, tutto il materiale incoerente, friabile, polvere, muffe e quant'altro possa pregiudicare l'adesione del prodotto, fino ad ottenere un supporto pulito, sano e compatto.

Nella ricostruzione dei giunti di allettamento murari rimuovere la malta degradata ed inconsistente.

Procedere, quindi, al lavaggio con acqua a bassa pressione della muratura, al fine di eliminare eventuali efflorescenze e sali solubili presenti sulla superficie. All'occorrenza, ripetere più volte quest'ultima operazione.

Eventuali vuoti o discontinuità presenti nella muratura dovranno essere ripristinate tramite la tecnica della "riconciatura" o dello "scuci-cuci", impiegando pietre o mattoni aventi caratteristiche corrispondenti, quanto più possibile, a quelle dei materiali originari.

Prima dell'applicazione della malta occorre procedere alla parziale saturazione del supporto, al fine di impedire che quest'ultimo possa sottrarre acqua alla malta, pregiudicandone le caratteristiche prestazionali finali. L'acqua libera in eccesso dovrà essere eliminata, in modo che la muratura risulti satura di acqua, ma con la superficie asciutta (condizione di s.s.a.). Per facilitare ed accelerare tale operazione può essere utilizzata aria compressa.

Preparazione del prodotto

La preparazione della malta deve essere eseguita con intonacatrice a miscelazione continua, qualora il prodotto venga applicato a macchina, oppure in betoniera a bicchiere, se si dovesse scegliere l'applicazione a cazzuola. Piccoli quantitativi possono essere preparati con trapano elettrico munito di agitatore, a basso numero di giri. E sconsigliata, invece, la miscelazione del prodotto a mano.

Applicazione del prodotto

Per gli interventi di "rincocciatura" o di "scuci-cuci", dapprima creare il "letto di posa" e successivamente posizionare gli elementi costruttivi, esercitando una leggera pressione, al fine di ottenere il corretto posizionamento degli stessi elementi.

Asportare la malta in eccesso con la cazzuola.

Nel caso di impiego della malta per la stilatura dei corsi fra gli elementi costruttivi, applicare il prodotto in uno spessore non inferiore a 2 cm.

In presenza, inoltre, di elementi "faccia a vista", rimuovere l'eventuale prodotto in eccesso ed effettuare la pulitura del paramento murario con acqua e frattazzo di spugna.

Pulizia

La malta non ancora indurita può essere asportata dagli attrezzi con acqua. Dopo l'indurimento, la pulizia risulta difficoltosa e può essere fatta solo meccanicamente.

Caratteristiche prestazionali

Massa volumica apparente della malta fresca (EN 1015-6):	2.000 kg/m ³
Porosità della malta allo stato fresco (EN 1015-7):	7 %
Resistenza a compressione (a 28 gg) (EN 1015-11):	> 150 daN/cm ² (Categoria CS IV, Classe M 15)
Adesione al supporto (EN 1015-12):	≥ 7 daN/cm ² Modo di rottura (FP) = A/C
Resistenza iniziale a taglio (f _{vok}):	1,5 daN/cm ²
Tempo di lavorabilità della malta fresca (EN 1015-9):	ca. 60 min.
Contenuto di cloruri (EN 1015-17):	< 0,05 %
Spessore max applicabile per strato:	40 mm

13.6. Legante idraulico fillerizzato superfluido per consolidamenti murari mediante iniezioni

Legante idraulico fillerizzato superfluido in polvere per boiacche, esente da cemento, composto da calce ed Eco - Pozzolana, sabbie naturali ultrafini e speciali additivi per il consolidamento di strutture murarie in pietra o mattoni anche di edifici di pregio storico artistico, mediante iniezioni superfluide, volumetricamente stabili e ad elevata resistenza ai sali solubili.

Preparazione del supporto

Stuccare e sigillare tutte le eventuali fessure e discontinuità presenti sul paramento murario, che possano determinare la fuoriuscita della boiaccia.

Realizzare, mediante trapano a rotazione, dei fori di diametro 20 - 30 mm e per una profondità pari a 2/3 dello spessore della muratura, possibilmente ai vertici di un reticolo a maglia 50 x 50 cm e/o comunque ad incrociare le lesioni murarie. Nel caso in cui lo spessore della muratura sia superiore ai 60 cm è preferibile realizzare i fori da entrambi i lati.

Fissare dei tubicini o iniettori attraverso i quali verrà iniettata la boiaccia.

Il giorno precedente all'iniezione è consigliabile saturare con acqua tutta la struttura interna, utilizzando gli stessi tubicini o iniettori precedentemente fissati. Effettuare quest'operazione partendo dai fori posti più in alto.

Assicurarsi che la struttura abbia assorbito tutta l'acqua iniettata prima di procedere con l'iniezione della boiaccia.

Preparazione del prodotto

La preparazione deve essere eseguita in un idoneo recipiente pulito utilizzando un trapano elettrico munito di agitatore a basso numero di giri. È sconsigliata, invece, la miscelazione del prodotto a mano.

Dopo aver introdotto l'acqua pulita aggiungere lentamente e con flusso continuo la polvere secondo i dosaggi prescritti dal produttore.

Mescolare per il tempo richiesto e verificare che l'impasto sia ben amalgamato, omogeneo e privo di grumi, avendo cura di staccare dalle pareti e dal fondo del recipiente la polvere non perfettamente dispersa.

Iniettare la boiaccia entro 60 minuti dalla sua preparazione.

Iniezione del prodotto

Iniettare attraverso i tubicini o iniettori precedentemente fissati, impiegando pompe meccaniche manuali o elettroniche, ad una pressione non superiore a 1 atm all'ugello.

Iniettare il prodotto sempre dal basso verso l'alto, in modo da favorire sia l'espulsione dell'aria contenuta nella struttura interna interessata dall'operazione sia il riempimento di tutte le cavità.

Alla prima fuoriuscita della boiaccia dal tubicino o dall'iniettore posto nelle vicinanze, interrompere l'operazione, chiudere l'iniettore utilizzato, continuando l'iniezione dal tubicino dal quale è fuoriuscito il prodotto. Procedere in questo modo fino alla fuoriuscita della boiaccia dal foro posto più in alto.

Una volta ultimato il consolidamento della struttura, rimuovere i tubicini o iniettori utilizzati e stuccare i fori con idonea malta.

Pulizia

Il prodotto non ancora indurito può essere asportato dagli attrezzi con acqua. Dopo l'indurimento, la pulizia risulta difficoltosa e può essere fatta solo meccanicamente.

Caratteristiche prestazionali

Dimensione massima dell'aggregato (EN 1015-1):	100 µm
Bleeding (NorMaL M33-87):	assente
Resistenza a compressione a 28 gg (EN 196-1):	180 daN/cm ²
Tempo di lavorabilità della malta fresca (EN 1015-19):	ca. 60 min.

13.7. Resina epossidica bicomponente per ancoraggi

Adesivo ibrido a base di vinilestere bicomponente (riempitivo organico a base di cemento e resine reattive basate sui metacrilati e riempitivo inorganico indurente a base di perossido d'idrogeno ed acqua) da utilizzare per l'ancoraggio di tasselli e perni metallici all'interno di materiali lapidei naturali o artificiali o in murature.

Operazioni di posa

È possibile realizzare il foro mediante carotatura impiegando la carotatrice con la corrispondente punta a diamante. E' comunque consigliata la pulizia dei fori.

Per la pulizia di fori carotati bagnati o immersi in acqua, pulire con acqua dal fondo del foro lungo lo sviluppo. Ripetere l'operazione 2 volte. Soffiare 2 volte il foro con aria compressa priva di olio (min. 6 bar at 6 m³/h) per eliminare l'acqua all'interno.

Per la verifica della profondità e della pulizia del foro, contrassegnare la punta, verificare la profondità del foro e comprimere la polvere sul fondo. La punta deve poter essere inserita nel foro fino al raggiungimento della profondità richiesta.

Se non è possibile comprimere la polvere sul fondo del foro, rimuoverla o forare più in profondità.

Preparazione del dispenser

Avvitare il miscelatore alla cartuccia. Non apportare alcuna modifica al miscelatore. Verificare che la cartuccia sia integra.

Verificare il portacartucce per il corretto funzionamento. Non utilizzare cartucce o portacartucce danneggiati. Inserire la cartuccia e il portacartucce nel dispenser.

Scartare le prime pompate di resina. La cartuccia si apre automaticamente con l'inizio dell'iniezione.

A seconda del volume della cartuccia, le prime pompate di resina devono essere scartate:

- 2 pompate per cartuccia da 330 ml
- 3 pompate per cartuccia da 500 ml

Iniettare la resina partendo dal fondo del foro, ritirando il dispenser dopo ogni pompata ed evitando bolle d'aria.

Riempire completamente il foro per ancoranti passanti o circa i 2/3 del foro per ancoranti preinstallati. In ogni caso deve essere garantito che tutto lo spazio anulare tra le barre e il supporto sia riempito per tutta la lunghezza delle barre stesse.

Una volta terminata l'iniezione premere l'apposito tasto per evitare la fuoriuscita di ulteriore resina.

Installazione delle barre d'acciaio

Prima dell'uso verificare che la barra sia asciutta e priva di olio o di altri agenti contaminanti. Segnare la profondità di posa e inserire la barra prima che trascorra il tempo di lavoro.

Tempo di lavoro

5 °C	25 min
da 6 °C a 10 °C	15 min
da 11 °C a 20 °C	7 min
da 21 °C a 30 °C	4 min
da 31 °C a 40 °C	3 min

Dopo la regolazione della barra, lo spazio anulare tra l'ancorante e l'asola della piastra (ancorante passante) o tra l'ancorante ed il supporto (ancorante preinstallato) deve essere riempito dalla resina.

Trascorso il tempo di indurimento richiesto, rimuovere la resina in eccesso.

Tempo di indurimento

5 °C	2 ore
da 6 °C a 10 °C	1 ora
da 11 °C a 20 °C	30 min
da 21 °C a 30 °C	30 min
da 31 °C a 40 °C	30 min

Applicare la coppia di serraggio indicata per attivare i principi di funzionamento. A questo punto l'ancorante può essere caricato.

Caratteristiche prestazionali

Resistenza a compressione a 7-28 gg (EN ISO 604 / HN569): 1.100 daN/cm²

Modulo elastico a compressione (EN ISO 604 / HN569): 19.000 daN/cm²

Resistenza a flessione (EN ISO 178:2010): 200 daN/cm²

Resistenza a trazione (EN ISO 178:2010): 200 daN/cm²

Art. 14 Materiali lapidei

14.1. Generalità

Le pietre naturali da impiegarsi nella realizzazione dei nuovi elementi lapidei 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.

Oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasti, sonore alla percussione, e di perfetta lavorabilità. Per le opere a "faccia a vista" sarà vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di breccie.

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 potranno essere le seguenti, in funzione delle indicazioni delle DL e del tipo di lavorazione degli elementi lapidei preesistenti che gli elementi di nuova fornitura andranno a sostituire e/o integrare:

- 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.

14.2. Fornitura dei materiali e campionatura

Prima di cominciare i lavori l'appaltante dovrà preparare a sue spese i campioni delle pietre indicate in progetto e delle loro lavorazioni, e sottoporli all'approvazione della D.L., alla quale spetterà in maniera esclusiva di giudicare se essi corrispondono alle prescrizioni. Detti campioni, debitamente contrassegnati, resteranno depositati negli Uffici della direzione, quali termini di confronto e di riferimento.

Gli elementi lapidei forniti dovranno essere trasportati su pallets ed essere opportunamente legati e protetti dagli urti accidentali e dall'azione di sostanze esterne.

Per quanto riguarda la fornitura, la campionatura e l'accettazione dei materiali si richiama interamente quanto già precedentemente indicato al capitolo 2

14.3. Materiali di progetto e relative lavorazioni

Il progetto prevede l'impiego di Pietra di Saltrio per la realizzazione delle nuove colonnine delle balaustre (da realizzarsi in sostituzione di quelle rotte, mancanti o attualmente realizzate in cls) e di Gneiss di Borgone da utilizzarsi in sostituzione degli elementi mancanti che costituiscono le cimase di coronamento superiore delle balaustre ed eventuali sostituzioni e/o integrazioni che si rendessero necessarie in corrispondenza dei piastri della balaustra, delle cornici e dei gradini degli scaloni.

I prodotti sopra descritti dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto (caratteristiche tipologiche, dimensioni, tolleranze, aspetto ecc.)

Tutti i materiali dovranno avere le caratteristiche esteriori (grana, coloritura e venatura) e quelle essenziali della specie prescelta.

Per quanto relativo alle dimensioni di ogni opera nelle sue parti componenti, la D.L. ha la facoltà di prescrivere le misure dei vari elementi dell'opera (cimase, colonnine, cornici, piastri, gradini, ecc.), la formazione e disposizione degli stessi, la posizione dei giunti, l'andamento della venatura, ecc., secondo i particolari disegni costruttivi che la stessa D.L. potrà fornire all'appaltatore all'atto dell'esecuzione, e quest'ultimo avrà l'obbligo di uniformarsi a tali norme, come ad ogni altra disposizione circa la formazione di modanature, scorniciature, gocciolatoi, ecc...

Per tutte le opere è fatto obbligo all'appaltatore di rilevare e controllare, a propria cura e spese, la corrispondenza delle varie opere ordinate dalla D.L. alle strutture rustiche esistenti, e di segnalare tempestivamente a quest'ultima ogni divergenza od ostacolo, restando esso appaltatore in caso contrario unico responsabile della perfetta rispondenza dei pezzi all'atto della posa in opera.

Esso avrà pure l'obbligo di apportare alle stesse, in corso di lavoro, tutte quelle modifiche che potessero essere richieste dalla D.L.

14.4. Modalità di prova, controllo e collaudo

La direzione dei lavori potrà richiedere un controllo tramite specifiche prove in situ e, ove possibile prelievi limitatamente distruttivi al fine di accertare se i materiali e le modalità di posa abbiano le caratteristiche previste dagli elaborati di progetto e conformi alle indicazioni del DL.

Tutti gli oneri sono a carico dell'appaltatore e si intendono compensati nei prezzi relativi alla lavorazione.

Per tutti i materiali lapidei di nuova fornitura dovrà essere certificata la provenienza per l'intero quantitativo dei materiali forniti (con bolle di trasporto, fatture ed ogni altro documento ritenuto idoneo a individuarne con certezza la provenienza). Se questa non risulterà conforme alle prescrizioni di progetto ed ai campioni approvati dalla DL sarà facoltà di quest'ultima rifiutare l'intera fornitura dei materiali non conformi.

Ad insindacabile giudizio del DL potrà inoltre essere rifiutato ogni materiale che per caratteristiche tipologiche, cromatiche ed estetiche sia ritenuto non soddisfacente o non conforme ai requisiti di progetto.

Art. 15 Prodotti per la pulizia dei manufatti lapidei esistenti

15.1. Generalità

La pulizia delle superfici lapidee per manufatti di valore storico/artistico è un'operazione complessa che necessita di un'attenta analisi sulla natura dei depositi superficiali e dei manufatti al fine di determinare il processo chimico che innesca il degrado e, quindi, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriate. All'appaltatore sarà, quindi, vietato utilizzare qualsiasi tipo di prodotto, anche prescritto, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L..

I prodotti saranno valutati preventivamente alla fornitura; la direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni 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.

15.2. Acqua per lavori di pulitura dei materiali lapidei

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%.

In presenza di calcari teneri dovranno essere utilizzate acque più dure, dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio acque a grana fine 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 (RSO₃H) e basiche (RNH₃OH) rispettivamente.

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.

15.3. Caratteristiche dei prodotti da utilizzare per la pulizia degli elementi in pietra di Saltrio

La rimozione della patina biologica potrà avvenire con l'applicazione a pennello di un prodotto biocida specifico a base di sali d'ammonio quaternario (Benzalconio cloruro) da far agire sulla superficie per almeno 48 ore procedendo successivamente alla rimozione meccanica dei depositi.

Il benzalconio cloruro può essere applicato, previa opportuna diluizione con acqua all'1-2%, direttamente sulla superficie da trattare tramite irrorazione, iniezione (in questo modo si evita la dispersione della soluzione al di fuori dell'area del trattamento) oppure ad impacco.

Tutti i biocidi, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzare con molta attenzione e cautela; alla loro applicazione dovrà sempre seguire un abbondante risciacquo con acqua deionizzata.

Art. 16 **Prodotti impregnanti per il trattamento dei materiali lapidei esistenti**

16.1. **Generalità**

Le procedure di impregnazione previste per i materiali lapidei sono rivolte a tutelare gli stessi da attacchi di agenti patogeni siano essi di natura fisica, chimica e/o meccanica. In particolare è previsto l'utilizzo di prodotti consolidanti e protettivi. All'appaltatore sarà vietato utilizzare prodotti impregnanti senza la preventiva autorizzazione della D.L., 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 alle indicazioni di progetto ed alla natura e alla consistenza delle superfici che potranno presentarsi.

Ogni fornitura dovrà essere sempre accompagnata da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice. In specifico, le peculiarità richieste, in relazione al loro utilizzo, sono 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 prescritti in progetto e 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 dovrà essere fatto riferimento alle norme UNI vigenti.

16.2. **Prodotti impregnanti per il consolidamento dei materiali lapidei**

I prodotti impregnati da impiegarsi per il consolidamento dei materiali lapidei, 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.

Gli elementi lapidei esistenti in pietra di Saltrio dovranno essere trattati con prodotti consolidanti applicabili per impregnazioni a base di silicato di etile o prodotto assimilabile. I trattamenti consolidanti dovranno essere unitari su

tutta la superficie dell'elemento – escludendo interventi parziali - e, dopo il trattamento, deve prevedersi un periodo di almeno quattro settimane perché la reazione consolidante si completi.

I silicati di etile sono sostanze basso-molecolari che penetrano in profondità nella pietra. Grazie all'azione di un catalizzatore neutro, reagiscono con l'umidità atmosferica e con l'acqua presente all'interno dei pori della pietra, liberando alcool e formando un gel di silice che diventa il nuovo legante dei granuli disgregati. I sotto prodotti della reazione chimica sono inattivi in quanto si volatilizzano rapidamente.

I formulati a base di silicato di etile per risultare adatti al consolidamento di elementi lapidei 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.

16.3. Prodotti impregnanti per la protezione e impermeabilizzazione dei materiali lapidei

I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione ed impermeabilizzazione dei materiali lapidei dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

- 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);
- 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%;
- atossicità.

Gli elementi lapidei esistenti in pietra di Saltrio ed in Gneiss di Borgone, al termine delle operazioni di pulizia e restauro previste in progetto, dovranno essere trattati con prodotti polisilossanici o assimilabili per componente applicabili a pennello. Tali trattamenti dovranno essere unitari su tutta la superficie di ciascun elemento.

Capitolo 4 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

Art. 17 Particolarità relative all'ordine di esecuzione degli interventi

Prima di procedere alla realizzazione completa degli interventi di consolidamento e restauro previsti in progetto occorrerà completare il ciclo di interventi prescritti **su alcune porzioni di balaustra della balconata (campate 81, 82, 83 e 84) e della scala (campate P e Q) e su alcuni piastri (i tre elementi ubicati fra le campate 81 ed 84)**, da confermare in ogni caso con la DL in fase di realizzazione dei lavori. In corrispondenza delle suddette parti occorrerà quindi procedere all'esecuzione di prove di carico per verificare l'efficacia degli interventi attuati, secondo le modalità indicate all'art. .9.

In funzione degli esiti di tali prove la DL darà indicazioni sul prosieguo delle operazioni di consolidamento e di restauro ed avrà facoltà di impartire ulteriori prescrizioni relativamente agli interventi previsti. Solo successivamente all'effettuazione delle prove prescritte, alla restituzione dei risultati ed alla loro analisi e valutazione da parte della Direzione Lavori sarà possibile procedere con il completamento degli interventi sulle ulteriori parti di manufatti indicate in progetto. Nessun intervento successivo potrà essere avviato prima del benestare della DL., che in funzione dell'esito delle suddette prove avrà facoltà di disporre un eventuale adeguamento del progetto

Art. 18 Riparazione di sottoservizi

L'appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici di eventuali sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione elettrica, acqua, gas, ecc.) danneggiati con o senza incuria dall'impresa durante gli interventi di microdemolizioni, smontaggio, rimontaggio ed in generale durante tutte le lavorazioni, e certificati dalla direzione dei lavori.

Art. 19 Microdemolizioni, smontaggi e rimontaggi

19.1. Interventi preliminari

L'appaltatore prima dell'inizio delle microdemolizioni e degli smontaggi deve assicurarsi dell'assenza di qualsiasi interferenza con servizi o sottoservizi.

19.2. Sbarramento delle zone di microdemolizione, smontaggio e rimontaggio

Nella zona circostante e sottostante le microdemolizioni, gli smontaggi ed i rimontaggi deve essere vietata la sosta e il transito di persone e mezzi, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti ed interdizioni.

19.3. Idoneità delle opere provvisionali

Le opere provvisionali, in legno o in ferro propedeutiche agli interventi, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza; esse devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro, secondo le prescrizioni specifiche del piano di sicurezza.

Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare le parti non ritenute più idonee.

In particolare per gli elementi metallici devono essere sottoposti a controllo della resistenza meccanica e della preservazione alla ruggine gli elementi maggiormente soggetti ad usura come ad esempio: giunti, spinotti, bulloni, lastre, cerniere, ecc.

Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il direttore dei lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisionali impiegati dall'appaltatore.

Prima dell'inizio di lavori di microdemolizione e smontaggio è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e di stabilità delle strutture da demolire e dell'eventuale influenza su strutture limitrofe.

In relazione al risultato di tale verifica devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie ad evitare che, durante gli interventi, si possano verificare distacchi e/o crolli intempestivi o danni anche a strutture confinanti o adiacenti.

19.4. Ordine delle microdemolizioni e smontaggi

I lavori di microdemolizione e smontaggio, come stabilito dall'art. 72 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso ovvero secondo le indicazioni del piano di sicurezza e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità degli elementi o dei collegamenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento.

La procedura di smontaggio di elementi lapidei dovrà necessariamente adottare, ogni volta, la metodologia, la tecnica e gli strumenti più consoni a garantire la separazione degli eventuali 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 degli elementi lapidei, 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 il successivo 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 gli elementi siano collegati o composti 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 o dell'ancoraggio da tagliare) in punti appropriati come, ad esempio, sulla stuccatura dei giunti, facendo attenzione a non danneggiare i bordi così da rendere possibile il loro successivo riaccostamento. 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, imbragature, macchinari con pinze pneumatiche, etc.). Allo stesso tempo, potrà risultare utile realizzare dei presidi di sostegno ed un'opportuna operazione di preconsolidamento degli elementi affinché il loro smontaggio possa avvenire in piena sicurezza e tutela degli operatori e degli elementi lapidei stessi.

La prima operazione per procedere allo smontaggio vero e proprio sarà la microdemolizione per rimuovere i materiali (malte, mastici ecc.) o gli elementi (perni, zanche ecc.) che garantiscono l'attuale connessione tra i diversi elementi. 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 gli elementi collegati. Le microdemolizioni saranno eseguite con attrezzature ed apparecchi adeguati per caratteristiche, dimensioni e modalità operative alle lavorazioni previste, e comunque tali da salvaguardare l'integrità degli elementi da sconnettere reciprocamente.

L'asportazione delle malte localizzate fra i diversi elementi lapidei può essere effettuata soltanto meccanicamente con l'uso di mazzette, scalpelli e martelline di adeguata dimensione. L'intervento dovrà essere eseguito con cautela ed accortezza evitando un'esecuzione troppo aggressiva per evitare ulteriori fessurazioni o spaccature in particolare in corrispondenza degli spigoli della base e del capitello. In qualche caso per il distacco di parti residuali di minore dimensione è consigliabile anche l'uso del bisturi.

Prima di distaccare del tutto il blocco lapideo dal supporto, questo dovrà essere messa in sicurezza imbracandolo con idonei nastri telati collegati all'organo di sollevamento e posa a terra.

L'imbracatura per la temporanea messa in tiro e per il successivo sollevamento degli elementi lapidei sarà tale da garantire l'integrità sia globale sia puntuale dell'elemento interessato.

La movimentazione degli elementi lapidei temporaneamente rimossi, sia nell'ambito del cantiere sia, ove necessario, al e dal laboratorio di intervento, avverrà con mezzi e cautele idonei e tali da garantire l'integrità degli stessi globale e puntuale del blocco lapideo.

19.5. Proprietà dei materiali da demolizione e smontaggio

I materiali provenienti dalle microdemolizioni e soprattutto dagli smontaggi restano di proprietà del Committente; quando, a giudizio della direzione dei lavori, possano essere reimpiegati, l'appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco e successivamente reimpiegati secondo le previsioni di progetto.

Qualora invece tali materiali, ad insiducabile giudizio della direzione dei lavori, non saranno considerati reimpiegabili, l'appaltatore dovrà provvedere alla loro movimentazione, smaltimento e trasporto a discarica, essendo anche in questo caso tale attività compensata con gli appositi prezzi di elenco.

19.6. Ordine dei rimontaggi

Per le fasi di rimontaggio dei diversi elementi presenti si dovranno adottare le stesse cautele indicate per le fasi di smontaggio, tenendo conto delle ulteriori complicazioni dovute alla presenza dei perni o delle bacchette in acciaio inghisate alla base degli elementi lapidei.

L'imbragatura per la movimentazione, il posizionamento ed il successivo calo degli elementi lapidei sarà tale da garantire l'integrità sia globale sia puntuale dell'elemento interessato.

Durante la movimentazione degli elementi non dovrà essere compromessa la verticalità dei perni e delle bacchette, che comprometterebbe il successivo corretto collegamento.

Il successivo calo degli elementi nella posizione definitiva dovrà essere graduale e tale da garantire il corretto inserimento dei perni e delle bacchette nelle sedi predisposte, con il completo riempimento dei fori preventivamente riempiti con le resine di ancoraggio, garantendo la planarità e la corrispondenza con gli incassi presenti nei pilastri.

Prima dello sgancio delle imbracature dovranno essere completate tutte le operazioni di sigillatura e stuccatura dei giunti con materiali e procedure indicate in progetto ed atteso un adeguato tempo di maturazione.

Art. 20 Esecuzione dei fori per imperniature ed ancoraggi

E' prevista l'esecuzione di perforazioni seguendo le indicazioni di progetto in base alla tipologia dell'intervento ed alle caratteristiche della struttura; detti fori, del diametro previsto in progetto, saranno eseguiti mediante apparecchi a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Gli apparecchi utilizzati, in funzione del diametro e della profondità prevista nonché del materiale da perforare, potranno essere del tipo manuale o su slitta con avanzamento manuale o idraulico.

Negli strutture murarie in mattoni e negli elementi in pietra, i fori dovranno essere realizzati secondo l'inclinazione prevista in progetto. Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando la verticalità o inclinazione di progetto e l'effettiva lunghezza degli stessi mediante riscontri sulle punte utilizzate.

Dopo aver eseguito le perforazioni si renderà necessario pulire, mediante insuflaggio o aspirazione, gli eventuali detriti della foratura, le polveri e quanto altro possa ostacolare la corretta immissione e percolazione delle miscele o delle resine di ancoraggio.

Per garantire la necessaria precisione nel successivo montaggio degli elementi lapidei delle balaustre, per l'esecuzione delle diverse tipologie di fori dovranno essere predisposte adeguate dime e riscontri, anche a perdere, che garantiscano la precisione e l'adeguata corrispondenza tra i diversi elementi da riassembleare per fasi successive. Inoltre, prima dell'esecuzione dei fori per gli ancoraggi sulle cimase dovranno essere state riposizionate in sede le corrispondenti colonnine già complete dei fori in sommità per verificare la disposizione finale delle stesse.

Art. 21 Stuccatura / integrazione di elementi lapidei

Generalità

Le procedure di consolidamento dei materiali lapidei risultano essere sempre operazioni particolarmente delicate, e come tali, necessitano di un'attenta analisi dello stato di fatto sia dal punto di vista della conservazione dei materiali sia del quadro fessurativo, così da poter comprendere a fondo e nello specifico la natura del supporto e le cause innescanti le patologie di degrado; in riferimento a queste analisi si effettuerà la scelta dei prodotti e delle metodologie di intervento più idonee. Ogni operazione di consolidamento dovrà essere puntuale e mai generalizzata; sarà fatto divieto di effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, utilizzare prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature preintervento eseguite sotto il controllo della D.L.. Ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; sull'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 utilizzati, le modalità 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 manutenzione periodica postintervento).

Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le lacune e le discontinuità (parziale mancanza di giunti di malta, fratturazione del concio di pietra ecc.) presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) così da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, nonché infiltrazioni di acqua) un'adeguata resistenza.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavaggio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati 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 pozzolaniche su materiali di natura vulcanica e degli inerti calcarei se si opererà su pietre calcaree); in assenza di queste si potrà utilizzare, un impasto caricato con una parte di sabbia silicea lavata (granulometria costituita da granuli del diametro di circa 0,1 - 0,3 mm per un 25%, di 0,5 - 1,0 mm per un 30% e di 1,0 - 2,0 mm per il restante 45%) ed una parte di cocchiopesto; in alternativa al cocchiopesto si potrà utilizzare pozzolana ventilata (rapporto legante-inerte 1:3). La stuccatura si eseguirà utilizzando piccole spatole a foglia o cazzuolini, evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con gli attrezzi); si potranno, eventualmente, mascherare e proteggere 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 bianco 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, ritiro e scarsa permeabilità al vapore acqueo).

La stuccatura di superficie sarà eseguita con grassello di calce (sarà necessario utilizzare grassello ben stagionato, 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 triturrata 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 polveri di cocchiopesto, 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 consigliabile tenere l'impasto dello stucco piuttosto asciutto in modo da favorire la pulizia dei lembi della fessura. In alternativa si potranno effettuare stuccature di superficie invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da elastomeri fluorurati e polvere della stessa pietra o altra carica con caratteristiche e granulometria simile.

La scelta di operare la stuccatura a livello o in leggero sottoquadro nella misura di qualche millimetro (così da consentirne la distinguibilità), dovrà rispondere principalmente a criteri conservativi; sovente, infatti, le integrazioni sottolivello creano percorsi preferenziali per le acque battenti innescando pericolosi 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 eccessivamente lontani da quelli del litotipo originario.

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 funzione 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 una forte adesività strutturale (ad es. per stuccature profonde non esposte ai raggi UV) ed un'alta resistenza meccanica sarà più opportuno impiegare resine termoidurenti come quelle epossidiche. In ogni caso, salvo diverse disposizioni della D.L., il rapporto legante additivo sarà generalmente 10 : 1.

Eventuale tassellatura con inserimento di armatura

L'intervento di tassellatura ha lo scopo di integrare mancanze importanti generate da diversi fenomeni (rimozioni eseguite a causa di degrado avanzato, distacchi generati da azioni meccaniche ecc.) utilizzando materiali compatibili (meglio se di recupero) simili per consistenza e colore al supporto. L'operazione riguarderà in particolare, il ripristino di porzioni di paramenti decorativi quali: gradini, cimase, basamenti, pilastri, colonnine, ecc. Il nuovo tassello posto in opera dovrà riprodurre con esattezza la parte asportata o mancante; a sbazzatura avvenuta, previa pulitura della cavità, dovrà essere inserito ed adattato in modo da garantire la 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 additivata con emulsioni acriliche (per migliorare l'adesività) caricata con carbonato di calcio od altro aggregato di granulometria fine (ad es. cocchiopesto, pozzolana ecc.). Nei casi, invece, in cui l'intervento presenti delle dimensioni considerevoli e il nuovo tassello risulti particolarmente aggettante e sollecitato si potrà ricorrere all'uso di sostegni interni come perni in acciaio inossidabile AISI 316L (in caso di elementi non sottoposti a particolari sollecitazioni meccaniche si potrà ricorrere a barre in vetroresina), che presenterà anche buone doti di piegabilità, opportunamente sagomati allo scopo di migliorare l'aderenza al supporto della malta da ripristino, 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 isotropicità o fluidità idoneo alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire.

Dovrà essere evitato l'uso di metalli facilmente ossidabili come il ferro, il rame e le sue leghe, mentre potranno essere utilizzati con tutta tranquillità perni in titanio o in acciaio inossidabile o, se l'integrazione interessa parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. Il perno dovrà possedere buona stabilità chimica e coefficiente di dilatazione termica lineare il più possibile vicino a quello dei materiali da ripristinare.

Si eseguiranno i fori per l'inserimento dei perni con trapano a sola rotazione a bassa velocità dopodiché, 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 fine di evitare danni o rotture ai manufatti.

Colore stuccatura

Al fine di rendere possibile un'adeguata lettura cromatica si potrà "aiutare" il colore dell'impasto additivandolo con terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali o 10% di terre). Il colore 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 si 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 tutte 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 da compattare lo stucco, far emergere la cromia della punteggiatura ed eliminare eventuali residui di malta.

Art. 22 Sigillatura di materiali lapidei mediante iniezioni di resine sintetiche

La procedura prevedrà l'esecuzione di sigillatura delle soluzioni di continuità mediante intasamento eseguito con iniezione, colatura o spatola in profondità di miscela adesiva costituita da polimeri sintetici acrilici in soluzione, o in emulsione, caricata con carbonato di calcio o polvere di pietra macinata (in alternativa si potranno utilizzare polveri di cocchiopesto o cariche pozzolaniche); le resine acriliche non potranno, causa la loro natura termoplastica, essere impiegate come adesivi strutturali, pertanto se si rendesse necessario effettuare una sigillatura 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 come gli amminici o ammidici, il rapporto tra A e B sarà variabile da 1:1 a 1:4) esente da solventi, dietro specifica 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 tasso d'umidità, in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno 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 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 seconda del tipo di impasto (fluidico, colabile, tissotropico), in relazione alle necessità di progetto, potrà essere applicato a pennello con setole rigide, con iniettori, o con spatole, in ogni caso sotto scrupoloso controllo dal momento che presenta, generalmente, un limitato tempo post-life. Nel caso in cui si prevedrà, invece, l'utilizzo di composti 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 maltina estruibile.

La procedura prevedrà, dopo le opportune operazioni preliminari di pulitura, eventuale preconsolidamento di 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 delle soluzioni di discontinuità mediante l'utilizzo di siringhe o piccole spatole, secondo le dimensioni delle fessurazioni da sigillare e le specifiche di progetto, in ogni caso la resina dovrà penetrare fino a rifiuto nel vuoto da colmare tra le facce e tra i frammenti destinati a combaciare nella nuova unione. Durante la procedura sarà 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 (ovvero seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore della resina) se invece si utilizzeranno adesivi epossidici. Una volta che sarà verificato "l'intasamento" della fessurazione si potrà passare alla realizzazione di stuccature 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 macinate. In alternativa si potranno effettuare delle stuccature invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da copolimeri fluorurati ovvero legante incolore elastomerico per stuccature e polvere della stessa pietra, utili anche a coprire micro lesioni o fori di trapani.

Il rapporto di miscelazione tra resina ed indurente andrà accuratamente rispettato, gli errori di dosaggio tollerabili non dovranno essere superiori al +/- 5%. La miscelazione dei componenti andrà eseguita preferibilmente con miscelatore meccanico e andrà prolungata fino a che non si sarà certi di aver ottenuto una perfetta omogeneità. 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 caratteristica 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 additivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.) e presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre sottoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato potere collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutto 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 perfetta 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 ultravioletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).

Art. 23 Ancoraggi

Il dimensionamento degli ancoraggi, definito dagli elaborati di progetto, dovrà essere relazionato alle sollecitazioni, alla resistenza a trazione del materiale utilizzato e quella a taglio del muro e/o pietra su cui verrà posizionato il capochiave (potranno essere messi in opera tiranti in acciaio inossidabile o zincato opportunamente dimensionati).

L'ancoraggio dovrà essere posizionato in corrispondenza dei punti previsti in progetto in maniera da rimanere nascosti dopo il rimontaggio delle colonnine.

Dopo aver verificato e riscontrato tutte le dimensioni (spessori, dislivelli, etc.) e quindi l'inclinazione ed il percorso del tirante, anche per mezzo di dime e risconti, nonché i punti di attacco e di uscita della perforazione sulla muratura e/o sulla pietra, si procederà alla realizzazione della perforazione mediante l'utilizzo di trapani o carotieri esclusivamente rotativi in modo da evitare sconessioni della struttura, realizzando preventivamente uno scasso di inserimento in testa ed in uscita, ove presente, come indicato dagli elaborati di progetto. Sulla muratura verranno eseguiti i fori di passaggio del tirante, il cui dimensionamento si relazionerà alla sezione del tirante. Realizzato l'alloggiamento, la barra dovrà essere fissata alle piastre precedentemente forate.

Dopo aver inserito il tirante a misura d'impiego con la filettatura indispensabili per il serraggio a freddo, si procederà alla relativa messa in opera. Il tirante passerà dal foro prolungandosi qualche centimetro all'esterno delle piastre di ripartizione così da facilitare il tiraggio e l'ancoraggio; verranno posizionati i sistemi di fissaggio ed ancoraggio (dado e controdado, manicotto di collegamento e tiraggio ecc.). Avvenuta la presa del bulbo di ancoraggio ove presente (3 o 4 giorni), il tirante verrà messo in tensione a mano, ricorrendo ad una chiave dinamometrica che serrerà i dadi sino ad ottenere una tensione di circa 150 - 200 kg con gradualità ed a più riprese, controllando eventuali diminuzioni di tensione causate o dal tipo di acciaio impiegato o riconducibili ad assestamenti murari improvvisi). La perforazione sede di posa dei tiranti sarà poi riempita con iniezioni di malta fluida a base di cemento. Per garantire il completo riempimento degli stessi fori l'operazione verrà eseguita dal basso verso l'alto, con doppio tubicino per la colatura e lo sfiato del foro stesso.

Tutte le parti metalliche rimaste a vista dovranno essere protette mediante l'applicazione di vernici protettive di tipo epossidico.

Art. 24 Opere e strutture di muratura

24.1. Criteri generali per l'esecuzione

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione. Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati e in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure.

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, devono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al disotto di zero gradi centigradi.

La muratura procederà per filari rettilinei, con piani di posa normali alle superficie viste o come altrimenti venisse prescritto.

All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

24.1.1 Murature di mattoni a faccia vista

Le murature di mattoni a faccia vista dovranno essere messe in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta, stesa con apposita cazzuola sui giunti verticali e orizzontali, premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure.

Il letto di posa del primo ricorso, così come quello dell'ultimo in sommità della parete, dovrà essere eseguito con "malta bastarda". Almeno ogni quattro ricorsi dovrà essere controllata la planarità per eliminare eventuali asperità. La

larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 8 mm né minore di 5 mm (con variazioni in relazione alle malte impiegate). I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggior presa all'intonaco o alla stuccatura con il ferro rotondo. Le malte da impiegarsi per l'esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano maggiori del limite di tolleranza fissato. Le murature di rivestimento saranno realizzate a corsi ben allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parete interna.

Nella realizzazione della muratura di laterizi "a faccia vista" si dovrà avere cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di miglior cottura, meglio formati e di colore più uniforme possibile, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento saranno utilizzate malte a base d'inerti silicei a granulometria controllata, leganti idraulici e additivi nobilitanti ed aventi specifiche caratteristiche quali uniformità di colore, lavorabilità, minimo ritiro, idrorepellenza, assenza di efflorescenze, granulometria compresa fra 0 e 3 mm. Le connessure non dovranno avere spessore maggiore di 5 mm e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compresse con apposito ferro, senza sbavature.

Le pareti di una o due teste e quelle in foglio verranno eseguite con mattoni scelti, esclusi i rottami, i laterizi incompleti e quelli che presentano spigoli rotti.

Tutte le pareti suddette saranno eseguite con le migliori regole d'arte, a corsi orizzontali e a perfetto filo, per evitare la necessità di impiego di malta per l'intonaco in forti spessori.

Art. 25 Regole di esecuzione per le strutture in acciaio

25.1. Composizione degli elementi strutturali

25.1.1 Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm.

Tali limitazioni non riguardano ovviamente elementi e profili sagomati a freddo.

25.1.2 Impiego di ferri piatti

L'impiego di piatti o larghi piatti, in luogo di lamiere, per anime e relativi coprigiunti delle travi a parete piena, e in genere per gli elementi in lastra soggetti a stati di tensione biassiali appartenenti a membrature aventi funzione statica non secondaria, è ammesso soltanto se i requisiti di accettazione prescritti per il materiale (in particolare quelli relativi alle prove di piegamento a freddo e resilienza) sono verificati anche nella direzione normale a quella di laminazione.

25.1.3 Variazioni di sezione

Le eventuali variazioni di sezione di una stessa membratura devono essere il più possibile gradualmente, soprattutto in presenza di fenomeni di fatica. Di regola sono da evitarsi le pieghe brusche. In ogni caso si dovrà tener conto degli effetti dell'eccentricità.

Nelle lamiere o piatti appartenenti a membrature principali e nelle piastre di attacco le concentrazioni di sforzo in corrispondenza di angoli vivi rientranti devono essere evitate mediante raccordi i cui raggi saranno indicati nei disegni di progetto.

25.1.4 Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (per esempio saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

25.2. Unioni a taglio con bulloni normali

25.2.1 Bulloni

La lunghezza del tratto non filettato del gambo del bullone deve essere in generale maggiore di quella della parti da serrare e si deve sempre far uso di rosette. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne deve tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

In presenza di vibrazioni o inversioni di sforzo, si devono impiegare controdadi oppure rosette elastiche, tali da impedire l'allentamento del dado. Per bulloni con viti 8.8 e 10.9 è sufficiente l'adeguato serraggio.

25.2.2 Tolleranze foro-bullone. Interassi dei bulloni e distanze dai margini

I fori devono avere un diametro uguale a quello del bullone maggiorato non più di 1 mm per diametri del bullone inferiori a 20 mm e di 1,5 mm per diametri dei bulloni superiori a 20 mm.

25.3. Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza

25.3.1 Pulizia delle superfici

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbatura al metallo bianco; è ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica. Le giunzioni calcolate con $\mu = 0,45$ devono comunque essere sabbiate al metallo bianco.

25.3.2 Bulloni

I bulloni, i dadi e le rosette devono portare, in rilievo impresso, il marchio di fabbrica e la classificazione secondo la UNI EN 20898.

25.3.3 Serraggio dei bulloni

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata; tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- a) si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- b) dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

La taratura delle chiavi dinamometriche deve essere certificata prima dell'inizio lavori da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e con frequenza trimestrale durante i lavori.

25.3.4 Prescrizioni particolari

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non hanno giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

25.4. Unioni saldate

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo potranno essere qualificati mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo EN 2883.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termicamente alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere seguite le prescrizioni della EN 1011 punti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la EN 29692.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal progettista ed eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori, che potrà integrarli ed estenderli in funzione dell'andamento dei lavori, e accettati ed eventualmente integrati dal collaudatore.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (es. raggi X o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della EN 12062. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo EN 473 almeno di secondo livello.

È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché garantiti da adeguata documentazione tecnica. Le saldature dovranno in ogni caso essere sottoposte a controlli non distruttivi finali al fine di accertare la rispondenza ai livelli di qualità richiesti dal progetto. L'entità e il tipo di controlli sono definiti nel capitolo 11 delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

25.5. Unioni per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate.

Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto segate o, se occorre, lavorate con la piallatrice, la fresatrice o la molatrice.

Per le membrature munite di flange di estremità si devono distinguere i seguenti casi:

- per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente la spianatura alla pressa o con sistema equivalente;
- per flange di spessore compreso tra i 50 e i 100 mm, quando non sia possibile una accurata spianatura alla pressa, è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio;
- per flange di spessore maggiore di 100 mm le superfici di contatto devono sempre essere lavorate alla pialla o alla fresa.

Nel caso particolare delle piastre di base delle colonne si distingueranno i due casi seguenti:

- per basi senza livellamento con malta occorre, sia per la piastra della colonna che per l'eventuale contropiastra di fondazione, un accurato spianamento alla pressa e preferibilmente la piallatura o la fresatura;
- per basi livellate con malta non occorre lavorazione particolare delle piastre.
-

Art. 26 Criteri per gli interventi di consolidamento di edifici in muratura

26.1. Generalità

Nel presente articolo si forniscono criteri generali di guida agli interventi di consolidamento delle opere in muratura, con riferimento ad alcune tecniche di utilizzo corrente. Ovviamente non sono da considerarsi a priori escluse eventuali tecniche d'intervento non citate, metodologie innovative o soluzioni particolari che il professionista individui come adeguate per il caso specifico.

Gli interventi di consolidamento vanno applicati, per quanto possibile, in modo regolare e uniforme alle strutture.

L'esecuzione d'interventi su porzioni limitate va opportunamente valutata e giustificata calcolando l'effetto in termini di variazione nella distribuzione delle rigidità. Nel caso si decida di intervenire su singole parti della struttura, va valutato l'effetto in termini di variazione nella distribuzione delle rigidità. Particolare attenzione deve essere posta anche alla fase esecutiva degli interventi, onde assicurare l'effettiva efficacia degli stessi, in quanto l'eventuale cattiva esecuzione può comportare il peggioramento delle caratteristiche della muratura o del comportamento globale dell'edificio.

Le indicazioni che seguono non devono essere intese come un elenco di interventi da eseguire comunque e dovunque, ma solo come possibili soluzioni da adottare nei casi in cui siano dimostrate la carenza dello stato attuale del fabbricato e il beneficio prodotto dall'intervento.

26.2. Interventi volti a ripristinare la resistenza nella muratura

26.2.1 Generalità

Gli interventi di rinforzo delle murature sono mirati al risanamento e riparazione di murature deteriorate e danneggiate e al miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura. Se eseguiti da soli non sono pertanto sufficienti, in generale, a ripristinare o a migliorare l'integrità strutturale complessiva della costruzione. Il tipo d'intervento da applicare andrà valutato anche in base alla tipologia e alla qualità della muratura. Gli interventi dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisicochimiche e meccaniche analoghe o, comunque, il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera. L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidità, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti, qualora mancanti. L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e particolarmente sollecitati.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
- a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura (lesioni, mancanze, scarichi e canne fumarie, ecc.);
- a migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.

26.2.2 Intervento di scuci e cuci

L'operazione di scuci e cuci consisterà nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con "nuovi" materiali compatibili per natura e dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore in base alla entità ed estensione del dissesto. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche (se l'intervento fosse operato su strutture monumentali), estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie).

Laddove le circostanze lo consentiranno, potrà essere conveniente utilizzare materiale recuperato dallo stesso cantiere, (ricavato, ad esempio, da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati. Prima di procedere con l'operazione di scuci e cuci si dovrà realizzare un rilievo accurato della porzione di muratura da sostituire al fine di circoscrivere puntualmente la zona da ripristinare dopodiché, dove si renderà necessario, si procederà alla messa in opera di opportuni puntellamenti così da evitare crolli o deformazioni indesiderate.

La porzione di muratura da sanare verrà divisa in cantieri (dimensionalmente rapportati alla grandezza dell'area interessata dall'intervento di norma non più alti di 1,5 m e larghi 1 m) dopodiché si procederà (dall'alto verso il basso) alternando le demolizioni e le successive ricostruzioni, in modo da non danneggiare le parti di murature limitrofe che dovranno continuare ad assolvere la funzione statica della struttura. La demolizione potrà essere eseguita ricorrendo a mezzi manuali (martelli, punte e leve) facendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitando di provocare ulteriori danni; ad asportazione avvenuta la cavità dovrà essere pulita con l'ausilio di spazzole, raschietti o aspiratori, in modo da rimuovere i detriti polverulenti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l'uso di acqua l'intervento dovrà attenersi alle indicazioni specificate negli articoli inerenti le puliture a base di acqua). La messa in opera del materiale dovrà essere tale da consentire l'inserimento di zeppe in legno tra la nuova muratura e la vecchia sovrastante, da sostituire, solo a maturazione avvenuta, con mattoni pieni (ovvero con

materiale compatibile) e malta fluida. La malta di connessione, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere una malta di calce idraulica naturale NHL 5 (o in alternativa una malta NHL-Z 5) con inerte costituito da sabbia silicea, cocciopesto e pozzolana vagliati e lavati (rapporto legante inerte 1:2 o 1:3).

Se espressamente richiesto, l'intervento di scuci e cucì potrà essere denunciato così da tutelare la stratigrafia stessa dell'edificio, realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o sopraquadro, tenendo presente però che la non complanarietà delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

26.2.3 Consolidamento mediante iniezioni a base di miscele leganti

Prima di dare inizio ai lavori, l'appaltatore dovrà eseguire un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle sue lesioni e cavità. L'esame potrà essere effettuato mediante tecniche molto usuali come l'esame visivo e la percussione della muratura. In seguito, l'appaltatore farà asportare l'eventuale strato di rivestimento per mettere a nudo la lesione e per meglio esaminare la consistenza del paramento murario.

I punti su cui praticare i fori (in genere 3 o 4 ogni mq) verranno scelti dalla D.L. in base alla distribuzione delle fessure ad al tipo di struttura. Nelle murature in mattoni pieni la distanza fra i fori non dovrà superare i 50 cm. Le perforazioni andranno eseguite distribuendole in modo che le aree delle singole iniezioni vadano a sovrapporsi; ciò si otterrà lasciando fuoriuscire, durante l'iniezione, la miscela dai tubicini "testimoni". Durante questa lavorazione sarà necessario evitare che le sbavature vadano a rovinare in modo irreversibile l'integrità degli adiacenti strati di rivestimento. Per agevolare la diffusione della miscela, l'appaltatore dovrà praticare dei fori profondi quanto la metà dello spessore del muro ad incrociare comunque le parti dissestate. Se lo spessore risulterà inferiore a 60-70 cm, le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; se, invece, supererà i 70 cm si dovrà lavorare su ambedue le facce; se lo spessore dovesse essere ancora maggiore (1,5-2,0 ml), o se risultasse impossibile iniettare su entrambi i lati, si dovrà perforare la muratura da un solo lato fino a raggiungere i 2/3 della profondità del muro. Se la muratura sarà in mattoni pieni, per distribuire meglio la miscela e per interessare i diversi strati orizzontali di malta, andranno praticate perforazioni inclinate di almeno 45 gradi verso il basso fino a raggiungere una profondità di 30-40 cm. Gli ugelli di iniezione ed i tubicini "testimone" andranno cementati con la stessa miscela d'iniezione resa più densa. Tutte le lesioni e le eventuali sconessioni fra conci saranno stuccate in modo da non permettere la fuoriuscita della miscela legante. Prima di iniettare la miscela, dovrà essere effettuato un prelavaggio delle sezioni filtranti sia al fine di saturare la massa muraria sia di mantenere la densità della miscela sia di visualizzare, mediante, l'umidità risorgente dagli intonaci, l'estensione delle zone da trattare e l'esistenza di eventuali lesioni non visibili. Il lavaggio dovrà essere eseguito con acqua pura e priva di materie terrose; durante la fase del lavaggio andranno effettuate le operazioni supplementari di rinzafo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni. La trasfusione delle miscele leganti all'interno dei fori sarà eseguita a pressione controllata; solo dietro prescrizione della D.L. si dovrà fare ricorso ad un'idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro di facile lettura. La miscela, d'idonea consistenza e composizione, dovrà essere omogenea, ben amalgamata ed esente da grumi ed impurità. Se il dissesto sarà limitato ed una zona ristretta, dovranno essere risanate, con una pressione non troppo elevata, prima le parti più danneggiate ed inseguito, utilizzando una pressione maggiore, le rimanenti zone. Dopo un preconsolidamento, che sarà eseguito colando mediante un imbuto una boiaccia molto fluida, andranno effettuate le iniezioni procedendo con simmetria dal basso verso l'alto al fine di evitare pericolosi squilibri di peso e conseguenti alterazioni nella statica della struttura. La miscela andrà iniettata, in relazione alla consistenza della muratura, mediante una pressione di circa 0,5 - 1,0 kg/cmq che servirà ad agevolare il drenaggio e ad otturare con il ritorno elastico i fori. Occorrerà, inoltre, in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature, aumentare la pressione d'immissione di 1/2 atmosfera ogni 3 ml di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. La pressione dovrà essere mantenuta costante fino a quando la miscela non sarà fuori uscita dai fori adiacenti o dai tubicini "testimoni". Dopo l'indurimento della miscela, gli ugelli saranno dismessi ed i fori sigillati con la malta appropriata. Le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal piano più basso.

La direzione dei lavori potrà richiedere un controllo tramite prelievi al fine accertare con le analisi più idonee se le modalità di posa abbiano le caratteristiche previste dagli elaborati di progetto e se i materiali hanno le caratteristiche dichiarate dal produttore. I prelievi dovranno essere opportunamente riposti per essere successivamente inviati ai laboratori di analisi per il riscontro dei valori caratteristici con quelli utilizzati nel progetto. Di tali prelievi verrà redatto apposito verbale. Tutti gli oneri sono a carico dell'appaltatore e sono compensati nei prezzi relativi ai lavori di consolidamento.

La direzione dei lavori potrà richiedere prove non distruttive con metodi sonici in modo da individuare gli eventuali difetti e controllare la continuità dei getti. Tutti gli oneri sono a carico dell'appaltatore e sono compensati nei prezzi relativi ai lavori di consolidamento. Per quanto concerne il collaudo dei materiali, i controlli in corso di lavorazione e le prove di carico e collaudo statico si fa riferimento a quanto prescritto dalle normative vigenti.

Art. 27 Trattamenti di pulitura da eseguirsi sui materiali lapidei esistenti

27.1. Premessa metodologica

La pulitura di una superficie si deve prefiggere lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, 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, bensì quello di sanare uno stato di fatto alterato. Si ritengono, 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 causa sempre una seppur minima azione lesiva sul materiale, è opportuno che le operazioni siano ben calibrate e gradualità, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore può verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, definire quando l'intervento deve essere interrotto.

I metodi di pulitura sono diversi in relazione al tipo di materiale sul quale s'interviene e alla sostanza che s'intende asportare, per questo motivo, la scelta deve essere fatta basandosi su delle indagini preventive in modo da poter avere un quadro informativo puntuale sia sulla natura dei degradi ed il loro relativo livello d'insistenza, 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 manufatto 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 superficie instabile con acqua e/o prodotti chimici che potrebbero peggiorare la situazione.

27.2. Generalità ed esecuzione di prove di pulitura

I materiali lapidei rientrano nella categoria dei materiali a pasta porosa e come tali risentono particolarmente dell'azione disgregatrice operata dalle condizioni al contorno. La superficie a contatto con gli agenti atmosferici e sottoposta ad una serie di lente trasformazioni chimico-fisiche che portano, nel 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 nell'atmosfera ostacolano la formazione della patina attaccando direttamente i materiali lapidei favorendone la disgregazione e l'insorgenza di croste nere.

L'intervento di pulitura su questo tipo di materiali deve principalmente essere indirizzato ad eliminare la presenza di efflorescenze, croste nere, macchie ecc. che provocano 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 luce e di ombre caratteristici degli apparati decorativi, costituiscono una fonte pericolosa di sali solubili e la loro persistenza fa sì che la superficie sia sempre a contatto con le sostanze inquinanti.

La presenza di croste nere può inoltre accentuare l'effetto di variazioni termiche, accelerare il fenomeno di esfoliazione degli strati superficiali della pietra provocando il distacco di frammenti.

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;

- preconsolidamento (preferibilmente reversibile), se si riscontra un particolare deterioramento del materiale prima di iniziare la pulitura;
- esecuzione delle prove di pulitura su campioni di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione al fine di verificare l'efficacia e la compatibilità dei prodotti e delle tecniche di pulizia individuati in progetto prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

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 particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale. La facilità o difficoltà dell'asportazione e, di conseguenza, il ricorso a metodologie 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 derivati da reazione chimica, depositati per gravità, o perché veicolati dalle acque meteoriche;
- 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 materiale di finitura; i prodotti di reazione che ne derivano sono, ad esempio, le croste (prodotti gessosi) e la ruggine (ossidi di ferro).

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale che, a differenza delle croste, non intaccano la natura chimica del materiale, potrà essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici come l'utilizzo di stracci, spazzole di saggina, scope, aspiratori ecc. integrati da bisturi piccole spatole e lavaggi con acqua. Invece nel caso in cui si debbono asportare depositi solidarizzati con il materiale, sarà conveniente ricorrere a dei cicli di pulitura più consistenti, il ricorso ai quali sarà da valutare caso per caso con la DL.

Ogni qualvolta si utilizzeranno in loco sistemi di pulitura che implicheranno l'uso di acqua dovrà essere pianificato 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 essendo interessate dall'operazione di pulitura, potrebbero essere danneggiate durante la procedura.

Ogni procedura di pulitura, in special modo se caratterizzata dall'utilizzo di prodotti specifici anche se prescritti negli elaborati di progetto, dovrà essere preventivamente testata tramite l'esecuzione di campionature eseguite sotto il controllo della D.L.. Ogni campione dovrà necessariamente essere catalogato ed etichettato; su ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali di diluizione (se si tratterà di emulsioni) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni) utilizzate, le modalità ed i tempi di applicazione.

All'appaltatore sarà vietato effettuare qualsiasi tipo di pulitura anche utilizzando sistemi e prodotti prescritti, senza l'esecuzione preventiva di prove applicative e in assenza di una esplicita autorizzazione della D.L.

27.3. Operazioni di pulitura materiali lapidei

27.3.1 Pulizia dei manufatti in Gneiss di Borgone (cimase, pilastrini, basamenti, gradini scala)

Per la pulizia dei manufatti esistenti in Gneiss di Borgone è prevista l'idropulitura con acqua a bassa pressione o nebulizzata e con detergenti neutri.

Pulizia con acqua nebulizzata

L'appaltatore, distribuiti i tubi adduttori lungo tutta la superficie dell'intervento, inizierà la pulizia dall'alto nebulizzando l'acqua mediante speciali atomizzatori autorizzati dalla D.L., il cui getto non dovrà mai essere indirizzato direttamente sulle superfici; sfrutterà, quindi, la capacità emolliente dell'acqua durante la caduta. L'efficacia della pulizia sarà determinata non tanto dalla quantità d'acqua impiegata quanto dal fatto che essendo nebulizzata e, quindi, costituita da numerose microparticelle aventi un'area superficiale molto estesa, avrà una superficie di contatto con i materiali da pulire maggiore di quella impiegata senza nebulizzazione. In ogni caso, il quantitativo d'acqua da impiegare su materiali assorbenti o corpi fessurati, dovrà assolutamente essere limitato in quanto dannoso. L'appaltatore dovrà prolungare l'intervento finché, le croste non risultino talmente morbide da essere asportate manualmente mediante spazzole di saggina od nylon.

Il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni). L'appaltatore dovrà quindi provvedere sia alla raccolta dell'acqua impiegata, che all'accurata protezione delle superfici adiacenti. L'appaltatore dovrà impiegare esclusivamente acqua deionizzata, priva di impurità e di sali in soluzione. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron.

L'appaltatore dovrà eseguire la pulitura con temperature esterne di almeno 14° con intervalli regolari, in ogni caso il tempo d'intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua al fine di evitare l'eccessiva impregnazione da parte dei manufatti. La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di una specifica apparecchiatura, dotata di gruppo a resine scambiatrici di ioni, con una portata sufficiente a garantire la continuità di lavoro (gruppo motopompa a rotore in PVC per l'adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori); l'appaltatore provvederà alla formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su tassellature campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

Pulizia mediante spray di acqua a bassa pressione

La superficie da trattare sarà invasa da getti d'acqua a bassa pressione (2-3 atm) proiettati con l'ausilio di ugelli indirettamente dall'alto verso il basso, in modo tale da giungere sul materiale in caduta. L'acqua da impiegare in questi casi dipenderà dalla natura del materiale, secondo quanto indicato al paragrafo 14.2 *Acqua per lavori di pulitura dei materiali lapidei*. Per graniti si potrà utilizzare acqua demineralizzata ovvero deionizzata (la produzione d'acqua deionizzata in cantiere avverrà tramite l'utilizzo di appropriata apparecchiatura con gruppo a resine scambio ioniche di adeguata capacità). Questa operazione di pulitura, oltre all'azione chimica, svolgerà anche una moderata azione meccanica e dilavante, (dovuta al moderato ruscellamento), grazie alla quale gran parte dei sali solubilizzati potranno essere rimossi. Importante è tenere presente che la quantità d'acqua da impiegare dovrà essere tale da non inumidire troppo la pietra e la muratura sottostante (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 mai essere inferiore ai 14°C.

La pulitura dovrà procedere per porzioni limitate di muratura.

Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate ai precedenti paragrafi.

27.3.2 Pulizia dei manufatti in pietra di Saltrio (colonnine)

Durante tutte le operazioni di pulizia ed i successivi trattamenti i manufatti esistenti realizzati in pietra di Saltrio dovranno essere movimentati con cautela su bancali in legno per evitare rotture e/o danneggiamenti e dovranno essere stoccati temporaneamente in ambiente asciutto e coperto.

Trattamento con prodotto biocida

La rimozione della patina biologica sugli elementi lapidei è prevista con l'applicazione a pennello di un prodotto biocida specifico a base di Sali d'ammonio quaternario (Benzalconio cloruro), da lasciare agire sulla superficie per almeno 48 ore, procedendo successivamente alla pulizia meccanica manuale nel caso si debbano asportare depositi di maggiore spessore.

Il benzalconio cloruro può essere applicato, previa opportuna diluizione con acqua all'1-2%, direttamente sulla superficie da trattare tramite irrorazione, iniezione (in questo modo si evita la dispersione della soluzione al di fuori dell'area del trattamento) oppure ad impacco.

L'operazione è da effettuarsi in laboratorio o in spazio al coperto, per consentire l'applicazione del prodotto sulle diverse parti dell'elemento.

L'uso di prodotti per la rimozione della patina biologica, anche diversi da quello indicato, a causa di possibili esalazioni richiedono l'uso della mascherina ed opportune attenzioni soprattutto se l'intervento avviene in locale chiuso consentendo, nella notte, di ventilare i locali utilizzati per la lavorazione.

Pulizia meccanica manuale

La riuscita delle operazioni di pulitura meccanica, sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà 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 poco invasivi quali spazzole di saggina o di nylon, aspiratori, bisturi. Sarà assolutamente vietato utilizzare spatole, raschietti, carte abrasive (anche a grane sottile) a pietra pomice salvo diverse disposizioni della D.L.

Art. 28 Impregnazione di manufatti in materiale lapideo e trattamenti protettivi

28.1. Generalità

I trattamenti di impregnazione di manufatti lapidei da effettuare mediante sostanze idrofobizzanti o consolidanti dovranno essere preceduti da analisi atte a stabilire in base al degrado il tipo di prodotto da impiegare, verificando le prescrizioni progettuali con analisi e campionature mirate.

All'appaltatore sarà quindi vietato effettuare qualsiasi tipo d'impregnazione utilizzando anche sostanze prescritte, senza la preventiva esecuzione di prove applicative e l'esplicita autorizzazione della D.L.. Ad applicazione effettuata l'appaltatore dovrà verificarne l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche tramite controlli periodici cadenzati nel tempo.

La quantità di prodotto da utilizzare sarà decisa dalla D.L. in funzione della:

- porosità dei materiali
- struttura molecolare dell'impregnante
- qualità della sostanza impregnante
- modalità di applicazione.

L'appaltatore, prima di procedere a qualsiasi tipo di applicazione avrà l'obbligo di:

- accertare mediante prove applicative la compatibilità dell'impregnante con i materiali lapidei da trattare
- eliminare dal manufatto qualsiasi traccia di solventi, detergenti, depositi organici ed efflorescenze saline
- proteggere le superfici che potrebbero essere danneggiate dall'intervento
- eseguire l'impregnazione con temperature ambientali comprese fra i 5° ed 25°C
- proteggere dal la pioggia per almeno un giorno le superfici impregnate.

28.2. Trattamenti consolidanti dei materiali lapidei

Gli interventi di consolidamento operati sui materiali lapidei sono volti a ristabilire una continuità, alterata a causa dei diversi fenomeni di degrado, tra la parte esterna del materiale e quella più interna in modo da poter garantire una coesione materica capace di eliminare le differenze fisico-meccaniche che si sono generate tra i vari strati. Le operazioni 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 fronteggiare le condizioni al contorno. Il fine è quello di ripristinare la resistenza meccanica originale del materiale sano, evitando interventi eccessivi che potrebbero alterare la costituzione intrinseca della struttura.

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.

L'appaltatore eseguirà il trattamento consolidante utilizzando quelle sostanze che abbiano i requisiti richiesti dall'art. 16.2 "Prodotti impregnanti per il consolidamento dei materiali lapidei" del presente capitolato (prodotti a base di silicato di etile o assimilabili). Il quantitativo di sostanze consolidante sarà stabilito dalla D.L. in base all'effettivo grado d'alterazione del manufatto solo dopo l'esecuzione di prove su superfici campione.

Il prodotto consolidante dovrà essere applicato per impregnazioni protratte nel tempo (24-48 ore) con operazioni ripetute effettuabili sia a pennello, con tamponi o impacchi, e con inibizione dell'evaporazione con teli di protezione impermeabili. L'intervento di impregnazione finalizzato al consolidamento deve essere effettuato "bagnato su

bagnato” sino alla saturazione dei vuoti impregnabili ed al conseguente “rifiuto” del liquido in eccesso che dovrà essere accuratamente rimosso dalla superficie onde evitare la formazione di patine e/o incrostazioni sulla superficie trattata.

Il supporto da trattare dovrà essere asciutto e secco. I trattamenti consolidanti dovranno essere unitari su tutta la superficie dell’elemento – escludendo interventi parziali - e, dopo il trattamento, deve considerarsi un periodo di almeno quattro settimane perché la reazione consolidante si completi. Tale periodo ottimale per il risultato finale deve essere tenuto in considerazione per la programmazione dell’intervento di restauro ed il successivo riposizionamento in loco dei manufatti e per la necessità che gli stessi siano stoccati in laboratorio e/o comunque in ambiente chiuso protetto dagli agenti atmosferici.

Elementi da trattare con prodotti consolidanti dei materiali lapidei previsti in progetto: colonnine esistenti in pietra di Saltrio.

28.3. Trattamenti protettivi ed idrorepellenti

Gli interventi di protezione sono volti a salvaguardare il materiale dall’aggressione degli agenti naturali esterni (infiltrazioni d’acqua, depositi superficiali di sostanze nocive ecc.) e/o, di natura antropica.

Lo scopo dei trattamenti è quello di difendere i materiali da diversi fattori, in molti casi concomitanti, come l’attacco fisico-chimico operato dagli agenti atmosferici e dalle sostanze nocive veicolate da questi, dalle azioni di organismi vegetali e animali, dai raggi ultravioletti, aerosol marini ecc.

Fondamentalmente lo scopo 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 entrambi i fattori i prodotti utilizzati devono presentare i requisiti di idrorepellenza, reversibilità, traspirabilità, assenza di sottoprodotti dannosi e stabilità alle radiazioni U.V. L’idrorepellenza è determinante al fine di evitare 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.

28.3.1 Applicazione di impregnante idrorepellente

L’appaltatore eseguirà il trattamento impermeabilizzante utilizzando quelle sostanze che abbiano i requisiti richiesti dall’art. 16.3 “*Prodotti impregnanti per la protezione e impermeabilizzazione dei materiali lapidei*” del presente capitolato (prodotti polisilossanici o assimilabili).

La procedura dovrà essere eseguita, alla fine del ciclo di interventi previsti, su tutti i manufatti lapidei (colonnine in pietra di Saltrio, cimase, zoccolature, cornici e gradini in Gneiss di Borgone).

Prima di dare inizio ai lavori, dovrà eseguire prove applicative su superfici campione al fine di determinare la quantità di materiale occorrente e di verificare, mediante specifiche analisi di laboratorio, la validità del trattamento, la profondità d’impregnazione e la compatibilità fisico-chimica della sostanza impregnante con il supporto.

L’appaltatore dovrà dopo la pulizia con acqua o in caso di pioggia, attendere che le superfici, traspirando, riacquistino il loro naturale tasso di umidità prima di procedere all’applicazione dell’impregnante.

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 assorbimento 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 stata completamente assorbita. Di norma i prodotti potranno essere applicati:

- a spruzzo, tramite l’utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione manualmente o da pompa oleo-pneumatica;
- a pennello morbido o rullo sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l’effetto di bagnato.

Il trattamento protettivo dovrà essere eseguito su supporti perfettamente puliti, asciutti, privi d’umidità, esenti da sali solubili, alghe, funghi ed altri biodeteriogeni.

Il trattamento dovrà essere eseguito a temperature non eccessivamente alte, intorno ai 20°C (possibilmente su superfici non esposte ai raggi solari) al fine di evitare una brusca evaporazione dei solventi utilizzati. Dovrà inoltre essere evitata l'applicazione del trattamento con temperature inferiori a 0 gradi centigradi.

Elementi da trattare con prodotti protettivi idrorepellenti previsti in progetto: tutti i manufatti lapidei di nuova realizzazione e preesistenti oggetto di intervento, in particolare: colonnine in pietra di Saltrio, cimase, basamenti, pilastri, cornici e gradini scale in Gneiss di Borgone.

Art. 29 Eliminazione di microflora infestante

L'appaltatore darà inizio ai lavori con l'estirpazione meccanica della vegetazione presente sulle superfici murarie ricorrendo a modalità idonee a non alterare i materiali componenti la muratura stessa; scarnerà, quindi, tutti i mezzi che possono alterare profondamente il substrato del muro.

Eliminate le parti a vista, l'appaltatore provvederà ad eseguire la disinfestazione tramite l'utilizzo delle sostanze chimiche previste in progetto garantendo il pieno rispetto delle strutture e dei paramenti dell'edificio su cui opera. Interverrà, quindi, con la massima cautela, utilizzando quei biocidi con le seguenti caratteristiche:

- assenza di qualsiasi azione chimica, diretta o indiretta nei riguardi delle strutture murarie che debbono essere trattate;
- essere incolore, trasparente e privo, dopo l'applicazione, di residui inerti stabili; sono da escludersi pertanto tassativamente tutti quei prodotti colorati, oleosi e che possono lasciare tracce permanenti del loro impiego;
- neutralità chimica;
- atossicità nei riguardi dell'uomo, degli animali domestici e selvatici;
- assenza di fenomeni inquinanti per le acque superficiali e profonde delle zone interessate all'applicazione;
- essere degradabile nel tempo ad opera delle microflora del substrato.

Il principio attivo dovrà essere stabile ed essere irrorato entro i limiti della zona di distribuzione, senza sbavature, che possano estendere l'azione del formulato a settori che non sono da trattare.

I trattamenti dovranno essere ripetuti il numero di volte stabilito insindacabile giudizio della D.L., e andranno conclusi con abbondanti lavaggi con acqua al fine di eliminare ogni residuo di sostanza biocida.

Elementi architettonici su cui prevedere l'eliminazione della microflora infestante previsti in progetto: facciate in pietra bugnata e relative cornici marcapiano.

Art. 30 Opere da fabbro e relativi trattamenti protettivi dei materiali

30.1. Manufatti in acciaio

Le opere da fabbro riferite ad interventi di carattere non strutturale (per gli interventi strutturali si rimanda agli specifici articoli del presente capitolato), si riferiscono alla realizzazione e posa in opera di bacchette verticali in acciaio da posizionarsi in corrispondenza delle balaustre della balconata e della scala per realizzare il necessario adeguamento normativo delle caratteristiche di sicurezza delle stesse (limitazione della distanza fra gli elementi del parapetto inferiore a 10 cm). In corrispondenza della balconata i parapetti dovranno inoltre essere dotati dell'elemento fermapiede previsto dalla normativa, per cui le bacchette saranno qui corredate alla base da un fazzoletto in acciaio che costituirà tale elemento di protezione. Le suddette bacchette dovranno avere diametro pari a 14 mm mentre il fermapiede, da realizzarsi come da disegno indicato sui relativi elaborati grafici, dovrà essere costituito da due piatti trapezoidali in acciaio di spessore 8 mm ed altezza 15 cm opportunamente sagomati e saldati lateralmente alle bacchette.

Le bacchette verranno fissate alla struttura della balaustra prevedendone l'inserimento all'interno di fori appositamente predisposti all'intradosso della cimasa superiore e nel basamento, che verranno successivamente sigillati con resina epossidica bicomponente superfluida. La posa dovrà essere eseguita a regola d'arte, rispettando le quote e i piombi.

Per quanto relativo alle caratteristiche dell'acciaio da utilizzare per la realizzazione dei suddetti manufatti si richiama quanto già indicato al precedente art. 11 *Acciaio per strutture metalliche* e per quanto relativo alle giunzioni saldate fra bacchette e fazzoletti a quanto indicato all'art. 25.4 *Unioni saldate*.

30.2. Trattamenti protettivi di finitura superficiale

I suddetti manufatti dovranno essere trattati con idonee protezioni contro gli agenti atmosferici e contro l'umidità e dovranno possedere un grado di finitura estetica in relazione a quanto previsto dal presente Capitolato e dai progetti architettonici. In particolare tali elementi dovranno.

Tutti i prodotti protettivi e di finitura dovranno risultare di ottima qualità, avere buone caratteristiche protettive nei confronti degli agenti atmosferici e all'umidità a cui sono esposti. Il loro impiego e la loro preparazione dovrà osservare le indicazioni fornite dal produttore.

Tutti i materiali metallici impiegati nelle lavorazioni sopra indicate dovranno subire idoneo trattamento di protezione contro la corrosione e successiva protezione contro gli agenti atmosferici. In particolare il progetto prevede un trattamento di zincatura a caldo con successiva microsabbatura e trattamento protettivo finale delle superfici con verniciatura a fuoco.

I trattamenti protettivi e di finitura dovranno essere eseguiti anteriormente alla posa in opera dei manufatti.

30.2.1 Zincatura a caldo dei manufatti

Per quanto riguarda le caratteristiche del trattamento di zincatura si richiama quanto precedentemente indicato all'art. 11.8 *Zincatura a caldo*.

30.2.2 Microsabbatura delle superfici

Successivamente al trattamento di zincatura a caldo i manufatti metallici dovranno essere sottoposti ad un trattamento di microsabbatura a secco realizzato con appositi macchinari ad aria compressa per consentire una maggiore aderenza e resistenza della vernice che verrà successivamente applicata come trattamento protettivo finale delle superfici.

30.2.3 Verniciatura a fuoco

Il trattamento protettivo finale della superficie dei manufatti sarà realizzato con un pretrattamento mediante applicazione a spruzzo di una mano di fondo epox monocomponente termoindurente essiccato a forno per 20' a 180°, spessore film secco minimo 15 micron, al quale seguirà una successiva verniciatura mediante applicazione a spruzzo di due mani di smalto termoindurente (tipo poliestere), bagnato su bagnato essiccato in forno per 30' a 180°C/190°C, spessore minimo film secco 25 micron. Il colore e la finitura superficiale saranno a scelta della Direzione Lavori, previo esame delle diverse campionature di colore che dovranno essere sottoposte alla sua approvazione.

Art. 31 Documentazione degli interventi di consolidamento e restauro realizzati

Al termine dei lavori l'appaltatore dovrà fornire tutta la documentazione che definisca tutte le informazioni tecniche relative ai lavori ed alle operazioni di restauro effettivamente eseguite.

Nella documentazione di corredo di fine lavori dell'intervento di restauro dovranno, necessariamente, essere compilate delle schede di restauro dei materiali. 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. Questa attenzione dovrà essere adottata non solo per i prodotti di tipo chimico ma anche per le calce, gli inerti e i prodotti premiscelati
- solvente utilizzato; 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 e 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 soluzioni (p/v) o emulsioni (v/v); per determinare il rapporto tra legante ed inerte si ricorrerà al rapporto v/v1#;
- numero e modalità di applicazione (a spruzzo, a pennello, a tasca, per percolazione, per iniezione ecc.), queste informazioni sono utili per verificare l'efficacia o meno di un trattamento nel tempo e per riprodurlo o, eventualmente, modificarlo.