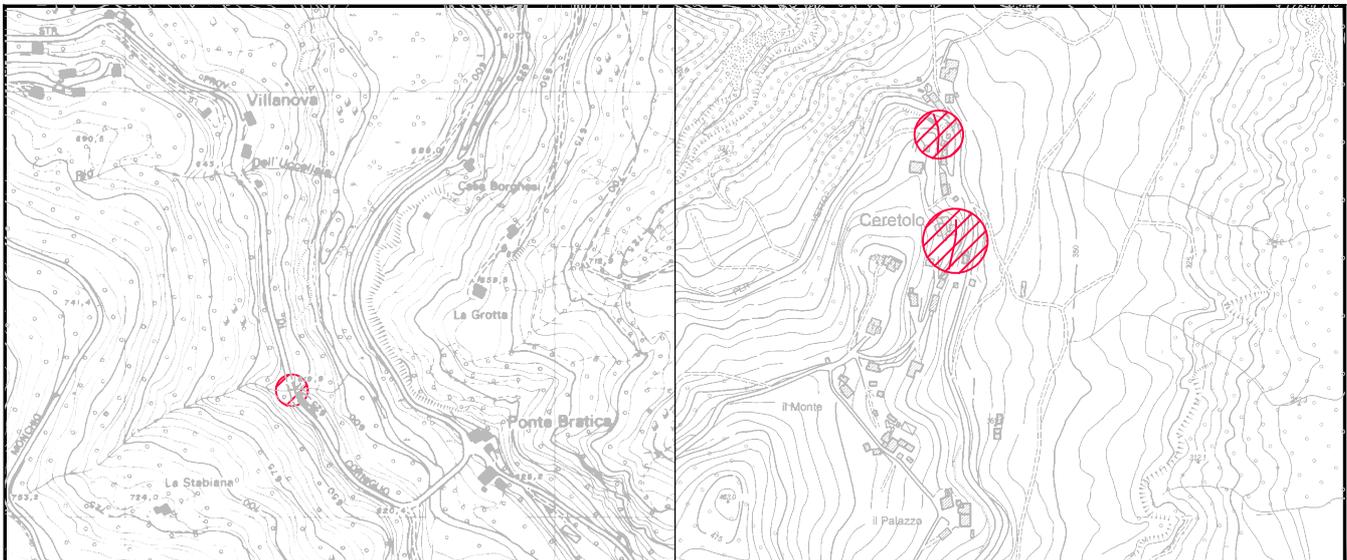


PROVINCIA DI PARMA
Servizio Viabilità e Infrastrutture

MESSA IN SICUREZZA DEI MANUFATTI POSTI LUNGO
LA SP 13 "DI CORNIGLIO" AL km 24+750 CIRCA IN
LOC. CORNIGLIO E SULLA SP 17 "DI TRAVERSETOLO"
AL km 38+700 IN LOC. CERETOLO



PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:
PARTE GENERALE

TAV. N.

A.3

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Dott. Ing. Marco Morini _____

TITOLO:
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
NORME TECNICHE

SCALA

-

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Elisa Botta

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE
0	10/12/19	EMISSIONE

IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO
VIABILITA' E INFRASTRUTTURE

Dott. Ing. Gianpaolo Monteverdi

INDICE

1.	CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO.....	5
1.1.	QUALITA', PROVENIENZA E IMPIEGO DEI MATERIALI.....	5
1.2.	DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' E MARCATURA CE	6
1.3.	PIANIFICAZIONE DEI LAVORI	7
2.	CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI	9
3.	SCAVI.....	15
3.1.	SCAVI DI SBANCAMENTO.....	16
3.2.	SCAVI DI FONDAZIONE	16
3.3.	SCAVI SUBACQUEI.....	17
3.4.	DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO	17
3.5.	CONTROLLI SUGLI SCAVI.....	17
4.	DEMOLIZIONI E RIMOZIONI.....	19
4.1.	DEMOLIZIONE DI MURATURE E FABBRICATI	19
4.2.	IDRODEMOLIZIONI	19
4.3.	DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE CON FRESATURA	19
4.4.	DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA CON SISTEMI TRADIZIONALI	20
4.5.	RIMOZIONI	20
5.	RILEVATI.....	21
5.1.	MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEI RILEVATI.....	21
5.2.	PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI	22
5.3.	TIPOLOGIE DI RILEVATI.....	23
5.4.	COSTRUZIONE DEL RILEVATO.....	25
5.5.	RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI	27
5.6.	SPECIFICHE DI CONTROLLO	29
6.	CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI.....	34
6.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	34
6.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	34
6.3.	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO	42
6.4.	QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO	46
6.5.	POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO	47
6.6.	STAGIONATURA	50
6.7.	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA	50
6.8.	CONTROLLI SUPPLEMENTARI DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE	52
6.9.	RICOSTRUZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	52
7.	OPERE DI DIFESA	53
7.1.	TUBAZIONI, POZZETTI, CANALETTE, MANTELLATE, CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA, CORDONATURE	53
7.2.	OPERE DI SOSTEGNO	57
7.3.	SPECIFICHE DI CONTROLLO	59
8.	MURATURE	61

8.1.	MURATURE IN PIETRAMA A SECCO.....	61
8.2.	MURATURE DI PIETRAMA E MALTA.....	61
9.	CONSOLIDAMENTO MURATURE	63
9.1.	OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO APPARECCHI MURARI	63
10.	CONSOLIDAMENTO STRUTTURE VOLTATE.....	69
10.1.	PREMESSA METODOLOGICA.....	69
10.2.	OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E/O PIETRA).....	69
11.	FONDAZIONI STRADALI.....	71
11.1.	STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO.....	71
11.2.	STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO.....	73
12.	PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	78
12.1.	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE	78
12.2.	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER) E PER STRATO DI USURA TRADIZIONALI	82
13.	SEGNALETICA ORIZZONTALE	87
13.1.	GENERALITA'	87
13.2.	CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI	87
13.3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	88
13.4.	CARATTERISTICHE FISICO CHIMICHE DEI MATERIALI PER SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	89
13.5.	NORME DI ACCETTAZIONE.....	90
13.6.	PROVE SUI MATERIALI APPLICATI	91
13.7.	ESECUZIONE DEI LAVORI.....	92
13.8.	PENALI.....	92
14.	SEGNALETICA VERTICALE	93
14.1.	GENERALITA'	93
14.2.	PARTI METALLICHE	93
14.3.	PELLICOLE RETTORIFLETTENTI	93
14.4.	PORTALI A CAVALLETTO, BANDIERA E FARFALLA.....	97
14.5.	GARANZIE PER LA SEGNALETICA VERTICALE.....	97
14.6.	PARACARRI, INDICATORI CHILOMETRICI E TERMINI DI CONFINE IN PIETRA.....	98
15.	BARRIERE DI SICUREZZA	100
15.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	100
15.2.	CLASSIFICAZIONE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE	100
15.3.	FINALITA' DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI	100
15.4.	INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DA PROTEGGERE	100
15.5.	LIVELLI DI CONTENIMENTO E SEVERITA' DEGLI IMPIANTI	101
15.6.	CONFORMITA' DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI.....	101
15.7.	CLASSIFICAZIONE DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA SPECIALI...	101
15.8.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	102

15.9.	DEMOLIZIONI DI BARRIERE ESISTENTI.....	104
15.10.	NUOVI IMPIANTI SU RILEVATO.....	104
15.11.	NUOVI IMPIANTI SU OPERE D'ARTE	105

PARTE I QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

1. CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia e nel successivo art. 2; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

Si precisa che le indicazioni normative riportate nelle presenti norme si intendono sempre riferentesi alla versione più recente delle stesse, comprensiva di eventuali atti di modificazione, integrazione e/o sostituzione.

I materiali proverranno da località o stabilimenti che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori; l'accettazione dei materiali non è comunque definitiva se non dopo che siano stati posti in opera e l'opera sia stata collaudata.

Nel caso in cui la Direzione Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, anche se non incluse nelle presenti Norme, purché facenti riferimento ad una normativa in uso, sottostando a tutte le spese necessarie per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni ai Laboratori indicati dalla Direzione Lavori; fatte salve diverse prescrizioni contenute negli articoli specifici delle Norme, il costo diretto delle prove di laboratorio verrà sostenuto dalla Stazione Appaltante.

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 e nei modi più adatti a garantirne la autenticità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso i laboratori ufficiali individuati negli elenchi elaborati in conformità alla vigente normativa ed indicati univocamente dalla Stazione Appaltante.

1.1. QUALITÀ, PROVENIENZA E IMPIEGO DEI MATERIALI

I materiali (intesi come materiali, prodotti, composti, forniture, componenti, ecc.) devono corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale ed essere della migliore qualità. Tutti i materiali possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore Lavori.

1.1.1. Accettazione dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno essere:

- a. **prequalificati** corredandoli di tutti i certificati di prove sperimentali o di dichiarazioni a cura del Produttore necessari ad attestare, prima dell'impiego, la loro conformità in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale;
- b. **identificati** riportando le loro caratteristiche nel Documento di Trasporto con cui il materiale viene consegnato in cantiere o a piè d'opera. L'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori una copia del DdT (Documento di Trasporto) e dell'eventuale documentazione allegata;
- c. **certificati** mediante la documentazione di attestazione rilasciata da un Ente terzo indipendente (Marcatura CE) ovvero, ove previsto, autocertificati dal Produttore. L'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori una copia dei certificati;
- d. **accettati** dal Direttore Lavori mediante controllo delle certificazioni cui ai punti precedenti e mediante prove sperimentali di accettazione;
- e. **ulteriormente verificati** nel caso in cui il Direttore Lavori ravvisi difformità nella fornitura dei materiali, nelle lavorazioni o nell'opera ultimata rispetto a quanto richiesto dal presente Capitolato Speciale.

Tutti gli oneri per prelievi, prove di laboratorio e certificati relativi ai punti a), b), c), d) ed e) rimangono ad esclusivo carico dell'Appaltatore mentre le prove di laboratorio e le certificazioni relative al punto d) sono a carico della Committente, permanendo anche per quest'ultime, a carico dell'Appaltatore l'onere dei prelievi, dell'eventuale conservazione dei campioni e delle prove che diano esito negativo.

Nel caso il materiale risulti non conforme agli standard ed ai controlli previsti ai punti a), b), c) o d), lo stesso non sarà ritenuto idoneo all'impiego e dovrà essere immediatamente allontanato dal cantiere, sostituendolo con altra fornitura che corrisponda alle caratteristiche volute. Le opere già costruite utilizzando materiale non conforme dovranno essere demolite a totale cura e spese dell'Appaltatore. Nonostante l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

1.1.2. Conformità e Non Conformità al Capitolato Speciale

Il presente Capitolato Speciale determina le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive ritenute idonee per eseguire le lavorazioni in modo conforme alle aspettative di qualità del Committente.

Il Personale della Direzione Lavori è preposto a rilevare, utilizzando un apposito modulo di "Non Conformità", gli scostamenti riscontrati nei materiali utilizzati, nelle forniture, nelle caratteristiche di una parte dell'opera o nelle sue modalità esecutive, rispetto alle prescrizioni del Progetto e del Capitolato Speciale. Le lavorazioni oggetto di procedura di "Non Conformità" non verranno contabilizzate fino a quando il Direttore dei Lavori dichiarerà la chiusura della procedura, attestando l'intervenuta risoluzione della non conformità. Le "Non Conformità" che non troveranno risoluzione causeranno la demolizione dell'opera non conforme.

1.1.3. Impiego dei materiali

L'Appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del Direttore dei Lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

1.1.4. Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'Appaltatore è libero di scegliere il luogo ove rifornirsi dei materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purchè essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, nè all'incremento dei prezzi pattuiti.

Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'Appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee, ripristino dei luoghi, indennizzi ed indennità a Terzi.

1.1.5. Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il Direttore dei Lavori può prescrivere uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'Appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del Direttore dei Lavori, che riporti l'espressa approvazione del Responsabile unico del procedimento.

1.1.6. Difetti di costruzione

L'Appaltatore deve demolire e rifare a sue spese le lavorazioni che il Direttore Lavori accerta eseguite senza la necessaria diligenza o con materiali diversi da quelli prescritti contrattualmente o che, dopo la loro accettazione e messa in opera, abbiano rivelato difetti o inadeguatezze.

Qualora il Direttore Lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare che le necessarie verifiche siano disposte in contraddittorio con l'Appaltatore che dovrà farsi carico di tutte le attività necessarie a consentire l'espletamento delle verifiche. Quando i vizi di costruzione siano accertati, le spese delle verifiche sono a carico dell'Appaltatore, in caso contrario l'Appaltatore ha diritto al rimborso di tali spese e di quelle sostenute per il ripristino della situazione originaria, con esclusione di qualsiasi altro indennizzo o compenso.

1.2. DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' E MARCATURA CE

I prodotti che riportano la marcatura CE, che ne attesta l'idoneità per un dato impiego previsto, secondo un insieme di prestazioni minime che si rifanno ai requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CE, beneficiano di presunzione di rispondenza alle caratteristiche dichiarate.

1.2.1. Marcatura CE - Materiali

Tutti i materiali forniti dall'Appaltatore da impiegare nei lavori dovranno presentare, ove previsto dalla Normativa italiana vigente alla data dell'offerta, la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili.

Materiali non rispondenti a tale requisito, non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute. L'utilizzo di un prodotto sprovvisto di Marcatura CE dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'Appaltatore.

1.2.2. Marcatura CE - Macchinari

Tutti i macchinari, impianti, equipaggiamenti, dispositivi, strumenti e attrezzature da impiegare nei lavori dovranno presentare la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili.

Macchinari sprovvisti della Marcatura CE o immessi sul mercato prima dell'entrata in vigore della Marcatura CE non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute.

L'utilizzo di un prodotto sprovvisto di Marcatura CE dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'Appaltatore.

1.3. PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

Ferma restando la piena autonomia dell'Appaltatore sulla conduzione del cantiere, è prevista la consegna alla Direzione Lavori dei seguenti strumenti di controllo dell'andamento dei lavori:

1.3.1. Programma bisettimanale

In aggiunta al Programma Esecutivo dei Lavori previsto dal Contratto ed alle sue periodiche revisioni, l'Appaltatore per l'intera durata del cantiere dovrà presentare un "Cronoprogramma Bisettimanale" sul quale sarà rappresentato un diagramma Gantt delle attività della settimana in corso e di quella successiva.

Convenzionalmente le settimane sono definite dalle ore 0,00 del lunedì alle ore 24,00 della domenica successiva.

Il cronoprogramma bisettimanale dovrà essere presentato per approvazione al Direttore Lavori almeno quattro giorni prima dell'inizio di ciascuna settimana. Ogni variazione rispetto a quanto programmato dovrà essere tempestivamente comunicata in forma scritta alla Direzione Lavori. In caso di mancata trasmissione del programma o dei cambiamenti a questo apportati, la Direzione Lavori riterrà non conformi le lavorazioni eseguite, avviando le relative procedure.

1.3.2. Fasi vincolate e segnalate

Il presente Capitolato Speciale indica una serie di lavorazioni che, per la loro specificità, potranno essere effettuate solo in presenza degli Incaricati della Direzione Lavori (cosiddette "fasi vincolate") o solo dopo aver informato via fax, con anticipo di almeno 24 ore, la Direzione Lavori (cosiddette "fasi segnalate").

Nel programma bisettimanale l'Appaltatore dovrà evidenziare le attività soggette a fasi vincolate o segnalate in modo che la Direzione Lavori possa organizzare per tempo i propri impegni.

Le lavorazioni soggette a fase vincolata realizzate dall'Appaltatore in assenza della Direzione Lavori saranno oggetto di procedura di "Non Conformità".

Le lavorazioni soggette a fase segnalata, correttamente annunciate dall'Appaltatore, potranno venire eseguite anche in assenza della Direzione Lavori una volta trascorso l'orario indicato nella comunicazione dell'Appaltatore. Le lavorazioni non correttamente segnalate o realizzate in anticipo rispetto all'orario indicato, saranno oggetto di procedura di "Non Conformità".

1.3.2.1. Fasi vincolate

- piano degli scavi di fondazione (prove su piastra, ..);
- bonifica fondazione stradale;
- piano di posa rilevati (prove su piastra, ..);
- piano di posa fondazione pavimentazione (prove su piastra, ..);
- getti in cls delle fondazioni (plinti, solette, ...);
- posa manufatti in carpenteria metallica;
- posa apparecchi d'appoggio e giunti.

1.3.2.2. Fasi Segnalate

- demolizioni di strutture e fabbricati;
- getti in cls delle elevazioni (spalle, impalcati, pozzetti, ..);
- fondazione della pavimentazione stradale (stabilizzati, misti cementati, ..);
- pavimentazioni stradali.

1.3.3. Piano di Impiego dei Macchinari

Prima dell'inizio di ciascuna lavorazione, l'Appaltatore dovrà presentare per approvazione al Direttore Lavori il "Piano di Impiego" di tutti i macchinari, impianti, equipaggiamenti, dispositivi, strumenti e attrezzature che intende utilizzare.

Il Piano di Impiego è composto dall'elenco delle attrezzature che saranno utilizzate, corredato dai seguenti documenti (per ciascuna attrezzatura):

- a. Contratto di noleggio o copia conforme del libro cespiti dell'Appaltatore che ne attesti la proprietà e da cui dovrà essere individuabile il valore di ammortamento annuo ed il valore residuo dell'attrezzatura;
- b. Marcature CE;
- c. libretti di uso e manutenzione, riportanti n° di matricola e caratteristiche tecniche del macchinario;
- d. elaborati progettuali e relazioni di calcolo (per ponteggi, casseforme, carri varo, impianti betonaggio, ...);
- e. attestati di revisione/verifica e certificati di taratura;
- f. eventuali autorizzazioni amministrative (messa in servizio, emissioni in atmosfera, scarichi idrici, ecc...).

1.3.4. Procedure di lavoro

Prima dell'inizio di ciascuna lavorazione che sia di particolare rilevanza tecnico-economica (secondo il giudizio della Direzione Lavori) o che richieda operazioni ripetute ed il cui svolgimento temporale si sviluppi oltre due settimane l'Appaltatore dovrà allegare al cronoprogramma bisettimanale di cui al presente articolo, per approvazione del Direttore Lavori, una relazione che:

- a. descriva la lavorazione (anche utilizzando appositi elaborati grafici) indicando i documenti progettuali di riferimento;
- b. definisca il metodo di esecuzione, la sequenza delle attività da porre in opera e la fasi rispetto ad altre attività previste nello stesso periodo;
- c. precisi la composizione della Manodopera da utilizzare dichiarando il nominativo del Responsabile o del Capo Squadra;
- d. precisi i materiali da utilizzare, descrivendone le caratteristiche ed allegandone le relative schede sicurezza prodotto;
- e. definisca i controlli da eseguire in corso d'opera;
- f. precisi i macchinari da utilizzare, allegandone il Piano di Impiego.

1.3.5. AS -BUILT

Ai fini di agevolare il controllo della pianificazione dei lavori da parte della D.L., l'Appaltatore è tenuto a presentare con cadenza mensile, o su richiesta della D.L., le tavole aggiornate che illustrino le lavorazioni effettuate.

2. CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno avere i requisiti fissati qui di seguito e negli articoli successivi; dovranno pertanto essere forniti di una idonea certificazione d'origine, che attesti la conformità delle proprie caratteristiche alle specifiche richieste nelle presenti Norme.

Nel caso di mancanza di tale certificazione, il materiale non verrà ritenuto idoneo all'impiego ed immediatamente allontanato dal cantiere, a totale cura e spese dell'Appaltatore.

In caso di difformità con quanto fissato nel presente articolo, varrà quanto prescritto dalla Norma specifica.

a. **Acqua:** dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge n°1086/1971 e alla UNI-EN 1008.

b. **Leganti idraulici - Calci aeree - Pozzolane:** dovranno corrispondere alle prescrizioni:

- della Legge n°595/1965;
- delle "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei leganti idraulici" D.M. 14/01/1966, modificato con D.M. 03/06/1968, D.M. 31/08/1972, D.M. 13/09/1993;
- delle "Norme per l'accettazione delle calci aeree" R.D. n°2231/1939;
- delle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. n°2230/1939;
- UNI EN 197-1 (marzo 2006);

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso in perfetto stato di conservazione.

Il loro impiego nella preparazione di malte e conglomerati cementizi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole dell'arte.

c. **Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per opere murarie:** dovranno essere provvisti di marcatura CE e conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2.

Le dimensioni massime degli aggregati costituenti la miscela dovranno essere inerti assortiti con diametro massimo di 30mm (D30), compatibili con quanto prescritto nel D.M. 17/01/2018 e in ogni caso le maggiori fra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il conglomerato cementizio è destinato.

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni fissate dall'art. 2 delle Norme citate nel seguente comma D).

Si tratta di materiali da impiegarsi nella formazione dei conglomerati cementizi, escluse le pavimentazioni.

d. **Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi per pavimentazioni:** dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. (Fascicolo n°4, Ed. 1953 ed eventuali successive modificazioni ed integrazioni) ed essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme di esecuzione lavori.

e. **Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni:** dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella UNI 2710 - Ed. giugno 1945" ed eventuali successive modificazioni ed integrazioni.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e praticamente esenti da materie eterogenee, non presentare perdita di peso, per decantazione in acqua, superiore al 2%.

f. **Pietre naturali:** le pietre da impiegare nelle murature, nei drenaggi, nelle gabbionate, etc. dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel R.D. n°2232/1939 "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione".

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli: dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto così da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

- g. **Pietre da taglio:** proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione Lavori. Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti dal R.D. n°2232/1939. Le lavorazioni che potranno essere adottate per le pietre da taglio saranno le seguenti:
- a grana grossa;
 - a grana ordinaria;
 - a grana mezza fina;
 - a grana fina.
- Quando anche si tratti di facce semplicemente abbozzate, esse dovranno venire lavorate sotto regolo in modo da non presentare incavi o sporgenze maggiori di 2cm rispetto al piano medio; le pietre lavorate a punta grossa non presenteranno irregolarità maggiori di 1cm. Per le pietre lavorate a punta mezzana od a punta fina, i letti di posa saranno lavorati a perfetto piano, e le facce dovranno avere gli spigoli vivi e ben rifilati in modo che le connessioni non eccedano i 5mm. Dove sia prescritta la lavorazione a martellina, le superfici e gli spigoli dovranno essere lavorati in modo che le commessure non eccedono i 3mm. Non saranno tollerate né smussature negli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.
- h. **Materiali laterizi:** dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti con R.D. n°2232/1939 "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" od alle Norme UNI 5628-65, UNI 1607, UNI 5629-65, UNI 5630-65, UNI 5632-65. I mattoni dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con gli spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme ed essere senza calcinaroli e impurità.
- i. **Argilla espansa:** dovrà essere ottenuta mediante clinkerizzazione in forni rotanti ad una temperatura non inferiore a 1200°C e peso in mucchio 320÷630kg/mc a seconda della granulometria.
- j. **Blocchi prefabbricati per vibro-compressione:** saranno confezionati con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200kg di cemento, di tipo IV 42.5 o 42.5R, per metro cubo di impasto. La resistenza a rottura degli elementi dovrà essere:
- 8 MPa per blocchi prefabbricati con impiego di ghiaietto e pietrisco;
 - 3 MPa per blocchi prefabbricati con impiego di argilla espansa.
- La superficie delle costole dovrà essere almeno pari, nel caso di strutture non portanti, al 40%; nel caso di strutture portanti al 65% della superficie apparente del piano di posa del blocco.
- k. **Blocchi prefabbricati di cemento e argilla espansa faccia-vista:** saranno prodotti con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200kg di cemento, di tipo IV 42.5 o 42.5R, per metro cubo di impasto. Saranno confezionati con conglomerato cementizio a struttura chiusa; la curva granulometrica varierà da 0.5÷4mm; la densità da 1.200÷1.600kg/mc. Una varietà dei blocchi faccia vista è costituita dagli «splittati» ottenuti a spacco da un blocco doppio e possono essere a paramento normale o scanalato.
- l. **Materiali ferrosi:** saranno esenti da scorie, soffiature, saldature e da qualsiasi altro difetto. Gli acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme UNI EN 10025/05 per i laminati, UNI EN 10210/06 per i tubi senza saldatura e UNI EN 10219/06 per i tubi saldati. Per le armature del c.a. s'impiega un acciaio in barre a aderenza migliorata del tipo B450C controllato in stabilimento (conforme al D.M. 17/01/2018), con caratteristiche:
- Tensione caratt. di snervamento: $f_{yk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$
 - Tensione caratt. di rottura: $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
 - Allungamento uniforme al carico max.: $\epsilon_{su,k} > 7,5\%$
 - $1,15 < f_t/f_y < 1,35$
 - $f_{y,eff} / f_{y,nom} < 1,25$.
- Il lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p. dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 0.2mm. I bulloni normali saranno conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN 4016/02, UNI 5592/68 e UNI EN 898/01, zincati a caldo secondo CEI 7/6..

I tubi in acciaio senza saldatura, per costruzioni meccaniche, dovranno soddisfare la norma UNI EN 100210 ed essere del tipo S355.

- m. **Acciaio inossidabile:** dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed al calore e rispondere, per composizione chimica, caratteristiche e prescrizioni generali, alla norma UNI 6900-71.
Le lamiere in acciaio inox saranno laminate a freddo a norma UNI 8317.
La designazione degli acciai è fatta per composizione chimica, dove «x» sta per «acciaio legato», il primo numero indica la percentuale di carbonio moltiplicato per 100 ed i numeri finali indicano i tenori degli elementi di lega in %.
Oltre alla classificazione UNI verrà abitualmente usata anche la classificazione AISI (American Iron and Steel Institute).
- n. **Acciaio zincato:** profilati, lamiere e tubi in acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma di unificazione Progetto SS UNI E 14.07.000 (rivestimenti metallici protettivi applicati a caldo - rivestimenti di zinco ottenuti per immersione su oggetti diversi, fabbricati in materiale ferroso).
Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir.
Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:
- 190g/mq per zincatura normale;
- 300g/mq per zincatura pesante.
- o. **Alluminio e leghe leggere:** per laminati, trafilati o sagomati non estrusi dovrà essere impiegato alluminio primario di cui alla norma UNI 4507 - «Alluminio primario ALP 99.5 da lavorazione plastica».
Leghe leggere da lavorazione plastica resistenti alla corrosione dovranno corrispondere alle norme UNI 3569-66 o UNI 3571.
- p. **Alluminio anodizzato:** dovrà risultare conforme alla norma UNI 4522-66 «Rivestimenti per ossidazione anodica dell'alluminio e sue leghe. Classificazione, caratteristiche e collaudo».
Gli strati normalizzati di ossido anodico saranno definiti mediante una sigla (OTO, BRI, ARP, ARC, ARS, IND, VET rispettivamente per strato: ottico, brillante, architettonico lucido, architettonico spazzolato, architettonico satinato chimicamente, industriale grezzo, vetroso), un numero che ne indica la classe di spessore e l'eventuale indicazione della colorazione.
Per gli strati architettonici la norma prevede quattro classi di spessore:
- Classe 5: spessore strato min. 5 µm;
- Classe 10: spessore strato min. 10 µm;
- Classe 15: spessore strato min. 15 µm;
- Classe 20: spessore strato min. 20 µm.
Di queste la prima verrà impiegata in parti architettoniche per usi interni di non frequente manipolazione, la seconda per parti architettoniche esposte all'atmosfera con manutenzione periodica, la terza in parti esposte ad atmosfere industriali o marine e la quarta, di tipo rinforzato, in atmosfere particolarmente aggressive.
- q. **Rame:** lamiere, nastri e fili saranno conformi alle UNI 3310/2[^]/3[^]/46 - 72.
- r. **Prodotti plastici metacrilici:** caratterizzati da infrangibilità, leggerezza ed elevatissima resistenza agli agenti atmosferici, dovranno rispondere alle prescrizioni di cui alle seguenti norme di unificazione: UNI 7067-72 («Materie plastiche metacriliche per stampaggio ed estrusione. Tipi, prescrizioni e prove») e UNI 7074-72 («Lastre di polimetilmetacrilato. Tipi, prescrizioni e prove»)
Le lastre potranno essere di tipo I (colorate in forma e successivamente polimerizzate in blocco) e di tipo II (prepolimerizzate e termoestruse).
In ogni caso saranno assolutamente prive di difetti superficiali e di forma.
I lucernari, sia a cupola (a semplice od a doppia parete anticondensa) che continui, saranno fabbricati con lastre di polimetilmetacrilato delle migliori qualità (plexiglass, perspex, etc.).

- s. **Legnami:** di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare, sia per le opere definitive che per quelle provvisorie, a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono stati destinati. I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo. Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e rettificati in superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri. I legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento. I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta. I legnami, in genere, dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle Norme UNI in vigore. I legnami di tipo lamellare dovranno essere di qualità I secondo la normativa DIN 4074, con giunzioni a pettine secondo la normativa DIN 88140 e la loro essenza lignea sarà preferibilmente di abete rosso o larice. Le strutture in legno lamellare dovranno essere prodotte da stabilimenti in possesso del certificato di incollaggio di tipo A, in conformità alla norma DIN 1052. Gli eventuali trattamenti protettivi, gli spessori e le modalità applicative degli stessi, dovranno essere del tipo previsto negli elaborati progettuali.
- t. **Leganti ed emulsioni bituminosi:** dovranno soddisfare i requisiti stabiliti nelle corrispondenti norme C.N.R. "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali" - Fascicolo n.2 - Ed. 1951; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" Fascicolo n.3 - Ed. 1958 e loro eventuali successive modificazioni ed integrazioni.
- u. **Leganti bituminosi:** dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali" - Fascicolo n.7 - Ed. 1957 del C.N.R. e eventuali successive modificazioni ed integrazioni.
- v. **Vetri e cristalli:** dovranno essere, per le richieste dimensioni, di un solo pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori, trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e qualsiasi altro difetto.
- w. **Cristalli lustrati:** si intendono per tali i vetri piani con entrambi le facce tese, mediante trattamento "Float", praticamente piane, parallele e lustre. Essi dovranno rispondere alle norme di unificazione UNI 6487-75 per vetri pianicristalli lustrati (lustrati e float).
- x. **Vetri uniti al perimetro (vetro-camera):** saranno costituiti da pannelli prefabbricati formati da due lastre di vetro piano accoppiate (a mezzo di profilato e distanziatore saldato con adesivi o sigillanti), fra le quali è racchiusa aria o gas disidratati. Il giunto d'accoppiamento dovrà essere assolutamente ermetico e di conseguenza, non dovrà presentarsi nessuna traccia di polvere o di condensa sulle superfici interne di cristalli. Essi dovranno presentarsi perfettamente trasparenti ed inoltre stabili alla luce, all'invecchiamento ed agli agenti atmosferici. Per le tolleranze sugli spessori, dimensionali e di forme si rimanda alle norme UNI 7172-73.
- y. **Geotessili:** costituiti da tessuto non tessuto a filamento continuo ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate mediante sistema di agugliatura meccanica, stabilizzate ai raggi UV, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura. I geotessili sono a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata. Nella tabella che segue vengono riepilogate, in relazione alla natura chimica dei polimeri impiegati, le principali caratteristiche degli stessi:

MATERIE PRIME - CARATTERISTICHE TECNICHE	POLIESTERE	POLIPROPILENE
Densità min. (g/cm ³)	1.38	0.90
Punto di rammollimento min. (°C)	230÷250	140

Punto di fusione min. (°C)	260÷265	170÷175
Punto d'umidità (% a 65% di umidità rel.)	0.4	0.04

I geotessili dovranno non avere superficie liscia, essere imputrescibili ed atossici, resistenti ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, essere antinquinanti ed isotropi.

Dovranno essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione alle modalità di impiego.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego mediante le seguenti prove:

CARATTERISTICHE TECNICHE	NORMATIVA
campionatura (per N deve intendersi il rotolo o la pezza)	EN ISO 10320
peso (g/mq)	EN 965
spessore (mm)	EN 964-1
resistenza a trazione longitudinale/trasversale (kN/ml)	EN ISO 10319
allungamento a rottura longitudinale/trasversale (%)	EN ISO 10319
resistenza al punzonamento CBR (N)	EN ISO 12236
prova di caduta conica (diametro massimo del foro) (mm)	EN 918
apertura efficace dei pori O_{90} (μm)	EN 12956
permeabilità verticale rispetto al piano senza carico (l/mq*sec)	EN ISO 11058
permeabilità all'acqua nel piano con carico 20 kPa (l/m*h)	EN 12958
resistenza all'invecchiamento (diminuzione carico rottura) (%)	ENV 12224
resistenza chimica (diminuzione carico rottura) (%)	ENV 13438

- z. **Tubazioni in PVC:** in cloruro di polivinile rigido serie pesante, dei tipi 302, 303/1 e 303/2, secondo le vigenti Norme UNI, con giunti a bicchiere muniti di guarnizione in gomma. Ogni tubo dovrà portare impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro nominale, l'indicazione del tipo; dovrà essere munito inoltre del marchio di conformità alle Norme UNI rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici.

aa. **Materiali per opere in verde:**

Terreno vegetale: il materiale da impiegarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali per il ricarico, la livellazione e la ripresa di aree comunque destinate a verde, dovrà essere terreno vegetale, proveniente da scotico di terreno a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di 1.00m.

Qualora il prelevamento della terra venga fatto da terreni naturali non coltivati, la profondità di prelevamento sarà limitata al primo strato di suolo esplorato dalle radici delle specie a portamento erbaceo, ossia a quello spessore ove la presenza di humus e le caratteristiche fisico-microbiologiche del terreno permettono la normale vita dei vegetali, ma in ogni caso non superiore a 50cm.

L'Appaltatore, prima di effettuare il prelevamento della terra, dovrà darne comunicazione alla Direzione dei Lavori, indicando il sito di prelevamento; la Direzione Lavori eventualmente potrà richiedere un prelievo di campioni in contraddittorio, per le analisi di idoneità del materiale, da effettuarsi presso una stazione di chimica agraria riconosciuta, a cura e spese dell'Appaltatore.

Concimi: i prodotti minerali semplici o complessi usati per la concimazione di fondo od in copertura dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale, avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali di fabbrica.

Materiale vivaistico: l'Appaltatore deve dichiararne la provenienza e la Direzione Lavori potrà accettare il materiale, previa visita ai vivai che devono essere dislocati in zone limitrofe o comunque assimilabili.

Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.

Sementi: l'Appaltatore dovrà fornire sementi di ottima qualità e rispondenti esattamente a genere e specie richiesta, sempre nelle confezioni originali sigillate munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data di scadenza stabiliti dalle leggi vigenti.

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi devono essere immagazzinate in locali freschi, ben aerati e privi di umidità.

Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le norme dell'art. 1.

Per ulteriori approfondimenti, riguardanti tutti i materiali per opere in verde, si fa riferimento a quanto riportato nell'articolo specifico per l'esecuzione dei lavori.

- bb. **Materiali di qualsiasi provenienza da impiegare nelle lavorazioni:** materiali per rilevati e/o riempimenti, aggregati grossi e fini per conglomerati, drenaggi, fondazioni stradali, pietrame per murature, drenaggi, gabbioni, etc.

I materiali da impiegare nelle lavorazioni sopra indicate dovranno essere sottoposti dalla Direzione Lavori, prima del loro impiego, alle verifiche e prove di laboratorio, per accertarne la idoneità in relazione alle particolari utilizzazioni previste.

Dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il proprio benestare sulla base dei risultati delle prove di laboratorio, il materiale potrà essere impiegato nella produzione, fermo restando che l'Appaltatore stesso sarà responsabile, a tutti gli effetti della rispondenza alle specifiche norme contrattuali.

Gli oneri per prove e verifiche di idoneità sono a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore.

PARTE II NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni degli Enti competenti in materia di Lavori Pubblici.

Ove non sia presente una disciplina normativa verranno adottate tutte le norme e le raccomandazioni tecniche di Enti di unificazione nazionali riconosciuti (UNI, CEI, CNR, etc.); resta la facoltà dell'Appaltatore di proporre soluzioni tecniche, sistemi costruttivi e materiali rispondenti a normative analoghe di Enti di pari grado appartenenti a paesi membri UE.

Pertanto, fermo restando ogni altra responsabilità dell'Appaltatore a termini di legge, esso rimane unico e completo responsabile della esecuzione delle opere.

Le presenti Norme Tecniche determinano in modo prioritario le modalità esecutive, i materiali, le lavorazioni; in altre parole, nel caso di discrepanze e difformità tra Norma Tecnica e descrizione delle lavorazioni contenuta nell'Elenco Prezzi, dovrà essere seguito, obbligatoriamente, quanto previsto nelle Norme Tecniche.

3. SCAVI

Si definisce scavo ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata all'impianto di opere costituenti il nastro stradale e le sue pertinenze, quali ad esempio:

- impianti di rilevati;
- impianti di opere d'arte;
- cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.

In generale lo scavo potrà essere eseguito con le modalità scelte dall'Appaltatore, solo in funzione della propria organizzazione e delle attrezzature impiegate, nel rispetto delle specifiche e delle prescrizioni stabilite dagli elaborati di progetto e di contratto.

Gli scavi si distinguono macroscopicamente in:

- a. **scavi di sbancamento;**
- b. **scavi di fondazione;**
- c. **scavi subacquei.**

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Appaltatore dovrà provvedervi a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a carico dell'Appaltatore il risarcimento per i danni subiti da persone, cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è a carico dell'Appaltatore procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo; nulla è dovuto all'Appaltatore per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che le condizioni di lavoro lo richiedano, a giudizio della D.L., l'Appaltatore sarà tenuto a coordinare opportunamente per campioni la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti assegnati, l'Appaltatore dovrà rimettere in sito le materie scavate in più, utilizzando materiali idonei.

Dovrà inoltre procedere, quando necessario, alla pulizia dell'area, al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, delle radici, degli arbusti, etc., ed alla eventuale demolizione di massicciate stradali esistenti con trasporto del materiale di risulta in discarica autorizzata.

L'Appaltatore dovrà assicurare in ogni caso il regolare smaltimento e deflusso delle acque nonché gli esaurimenti, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Ai fini della determinazione del compenso relativo allo scavo in roccia, si farà riferimento alla durezza degli elementi lapidei in banco; la definizione della durezza della roccia deriverà da una serie di prove sclerometriche eseguite secondo i metodi canonici i cui risultati dovranno essere confrontabili al Me (modulo elastico) espresso in GPa e quindi saranno considerate:

- rocce tenere quelle aventi $Me \leq 1\text{GPa}$;
- rocce medie quelle aventi $1\text{GPa} < Me \leq 5\text{GPa}$;
- rocce dure quelle aventi $Me > 5\text{GPa}$.

Si considera "roccia da mina", e pertanto da pagarsi con il relativo prezzo di Elenco, quella dura; in questo senso i termini "roccia dura" o "roccia da mina" sono da considerarsi equivalenti.

I materiali provenienti dagli scavi, esuberanti il fabbisogno del cantiere o non idonei per essere riutilizzati, dovranno essere portati a rifiuto nelle aree di deposito (discariche) indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della Direzione Lavori, fatte salve le vigenti norme di Legge.

La collocazione dei materiali a rifiuto in tali siti andrà effettuata con le modalità e le prescrizioni previste negli elaborati relativi alle aree di deposito (discariche), facenti parte integrante del progetto dell'opera; nell'eventualità invece che l'Appaltatore debba provvedere direttamente al reperimento dell'area di deposito (discarica) dovrà, a sua cura e spese, ottenere la disponibilità delle aree e dei loro accessi, comprese le relative indennità, nonché provvedere alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali, secondo quanto proposto dall'Appaltatore ed approvato dalla Direzione Lavori.

Nel caso in cui a seguito di prove eseguite dall'Appaltatore, a sua cura e spese, sotto il controllo della Direzione Lavori, i materiali fossero ritenuti idonei, dovranno essere trasportati in aree di accumulo e custoditi opportunamente.

Le quantità di materiali riutilizzabili dovranno eventualmente essere trattati per ridurli alle dimensioni prescritte, secondo necessità delle presenti Norme, ripresi anche più volte e trasportati nelle zone di utilizzo, a cura e spese dell'Appaltatore.

In particolare, qualora l'Appaltatore dovesse eseguire scavi in terreni lapidei, quando fossero giudicati idonei dalla Direzione Lavori, potranno essere riutilizzati per murature; la parte residua potrà essere reimpiegata nell'ambito del cantiere per la formazione di rilevati o di riempimenti avendola ridotta a pezzatura di dimensioni non superiori a 30cm, secondo il disposto delle presenti Norme.

Per l'impiego di mine nella esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà ottenere, a sua cura e spese, le autorizzazioni da parte delle autorità competenti ed osservare tutte le prescrizioni imposte dalle Leggi e dai regolamenti in vigore.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di linee aeree di ogni genere, dovrà essere attuato con opportune cautele in modo da evitare, sia la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe, sia effetti vibrazionali nocivi che dovranno essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

Nel caso che per la vicinanza di agglomerati civili o industriali o per i risultati del monitoraggio, le cautele sopracitate non fossero ritenute sufficienti ad evitare danneggiamenti alle proprietà limitrofe, l'Appaltatore dovrà eseguire gli scavi con opportuni mezzi meccanici.

Le scarpate degli scavi dovranno essere profilati con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, la cui stabilità dovrà essere accertata con apposite verifiche geotecniche a carico dell'Appaltatore.

Il fondo e le pareti degli scavi non eseguiti a carattere provvisorio dovranno essere profilati secondo quote e pendenze di progetto; nel caso in cui il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Appaltatore compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata).

Se negli scavi vengono superati i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

3.1. SCAVI DI SBANCAMENTO

Sono così denominati gli scavi occorrenti per la formazione del sedime d'imposta dei fabbricati; l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle opere accessorie, portati a finitura secondo i tipi di progetto; gli scavi per le gradonature di ancoraggio dei rilevati, previste per terreni con pendenza superiore al 20%; la bonifica del piano di posa; lo spianamento del terreno; l'impianto di opere d'arte; il taglio delle scarpate delle trincee o di rilevati; la formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

3.2. SCAVI DI FONDAZIONE

Per scavi di fondazione si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della Direzione Lavori, o per l'intera area di fondazione o per più parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia della accidentalità del terreno, sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, spinti alle necessarie profondità, fino al rinvenimento del terreno della capacità portante prevista in progetto.

Qualora si rendesse necessario dopo l'esecuzione dello scavo, il ripristino delle quote per l'impronta della fondazione dell'opera, i materiali da utilizzare saranno i seguenti:

- per uno spessore di 30÷50cm, sabbia fine lavata;
- per il rimanente spessore, materiali appartenenti al gruppo A1, anche provenienti da scavi.

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali, o disposti a gradoni, con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, ma in tal caso, nulla è dovuto per il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese al riempimento, con materiali idonei, dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista.

Gli scavi per posa di tubazioni sono assimilati a quelli di fondazione.

Per tali scavi valgono tutte le norme applicabili descritte per quelli di fondazione.

Per gli scavi a sezione obbligata, necessari per la collocazione di tubazioni, l'Appaltatore inoltre dovrà provvedere al rinterro, con materiali idonei, sopra le condotte secondo le modalità stabilite dagli elaborati progettuali.

3.3. SCAVI SUBACQUEI

Gli scavi di fondazione sono considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Appaltatore dovrà provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese:

- ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi;
- a togliere ogni impedimento o ogni causa di rigurgito, che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fugadori;
- agli adempimenti previsti dalle vigenti leggi, sia statali che regionali, in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento;
- all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché agli oneri per l'eventuale trattamento delle acque.

3.4. DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nell'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto segue:

- il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato;
- tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito;
- il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla Direzione Lavori, previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica;
- rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati;
- la larghezza dello scoticamento ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni che saranno date dalla Direzione Lavori in relazione alle pendenze dei siti di impianto.

Lo scoticamento viene stabilito di norma alla quota di 20cm al di sotto del piano campagna e sarà ottenuto praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti di impianto preventivamente accertate anche con l'ausilio di prove di portanza.

3.5. CONTROLLI SUGLI SCAVI

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

3.5.1. Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le prove di laboratorio di seguito riportate:

- Terre:
 - analisi granulometrica;
 - determinazione del contenuto naturale di acqua;
 - determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0.40 UNI 2332;
 - eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.
- Rocce:
 - resistenza a compressione monoassiale.

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue :

- ogni 500mc di materiale scavato e ogni 5.00m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla Direzione Lavori.

3.5.2. Prove in sito

Nel caso di terre, si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Nel caso di rocce, si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

4. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

4.1. DEMOLIZIONE DI MURATURE E FABBRICATI

Le demolizioni di fabbricati e di murature di qualsiasi genere (armate e non o precomprese), potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligatoria, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione Lavori: scalpellatura a mano o meccanica, martello demolitore, agenti demolitori non esplosivi ad azione chimica con espansione lenta e senza propagazione dell'onda d'urto. In generale la demolizione potrà essere eseguita con le modalità scelte dall'Appaltatore, solo in funzione della propria organizzazione e delle attrezzature impiegate, nel rispetto delle specifiche e delle prescrizioni stabilite dagli elaborati di progetto e di contratto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali, i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso.

Inoltre l'Appaltatore dovrà prevedere, a propria cura e spese, ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Appaltatore sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizione potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali potrà essere richiesto il trattamento con il getto di vapore a 100°C ed una pressione di 0.70÷0.80MPa per ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Per le demolizioni da eseguirsi su tratta stradale in esercizio, l'Appaltatore dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la Direzione Lavori le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione delle travi di impalcato di opere d'arte o di impalcato di cavalcavia anche a struttura mista, su strade in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni.

I materiali di risulta verranno ceduti all'Appaltatore il quale potrà reimpiegare quelli ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, fermo restando l'obbligo di allontanare e trasportare a discarica quelli rifiutati.

4.2. IDRODEMOLIZIONI

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio di elementi strutturali (ponti, viadotti, muri di sostegno, etc.) dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1.500bar, con portate fino a 300l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi e asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico, e dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia antinfortunistica.

4.3. DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE CON FRESATURA

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta; su parere della Direzione Lavori potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire.

Le attrezzature tutte devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori; devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo a giudizio della Direzione Lavori per il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

L'Appaltatore si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti dal progetto o prescritti dalla Direzione Lavori; non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli definiti.

Il rilievo degli spessori delle demolizioni deve essere effettuato in contraddittorio; lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla Direzione Lavori munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15cm potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15cm si devono effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10cm di base per lato.

Le pareti dei giunti longitudinali devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali si potrà eseguire la demolizione della massicciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina escavatrice od analoga e, nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire o su opere d'arte devono essere riparati a cura e spese dell'Appaltatore.

4.4. DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA CON SISTEMI TRADIZIONALI

La demolizione dell'intera sovrastruttura può anche essere eseguita con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori etc. a discrezione della Direzione Lavori ed a suo insindacabile giudizio.

Le pareti verticali dello scavo devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'Appaltatore.

L'Appaltatore è inoltre tenuto a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita nel caso che non si proceda alla stesa del misto granulometricamente stabilizzato.

4.5. RIMOZIONI

Per rimozione si intende:

- smontaggio di recinzione costituita da rete metallica e relativi montanti;
- smontaggio di sicurvia di qualunque tipo, con montanti infissi in terra, in pavimentazione o bullonati su manufatti;
- smontaggio di elementi puntuali quali segnaletica stradale verticale, paracarri, pali di illuminazione, etc.

Nelle rimozioni sopra elencate sono compresi gli oneri per il trasporto del materiale di risulta fuori delle pertinenze stradali sino alla discarica ed il trasporto dei materiali di recupero, che restano di proprietà della Stazione Appaltante, nei depositi che saranno indicati dalla Direzione Lavori.

5. RILEVATI

Si definiscono con il termine di rilevati tutte quelle opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

Le caratteristiche geometriche, la natura e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali che costituiscono il corpo del rilevato sono indicate negli elaborati progettuali.

Nel caso in cui l'Appaltatore non dovesse reperire i materiali previsti, potrà proporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative.

Resta inteso che l'Appaltatore dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori un progetto di dettaglio, ad integrazione e conforto del progetto esecutivo, nel quale dovrà indicare la natura e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali che intende adottare, le modalità esecutive, le sequenze cronologiche degli interventi.

Dovrà fornire inoltre una serie di verifiche di stabilità a breve e lungo termine relative al rilevato e al complesso rilevato terreno di fondazione; dovrà altresì verificare il cedimento totale e differenziale del piano di imposta indicando il decorso dello stesso nel tempo.

L'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, eseguirà, a propria cura e spese, sondaggi geotecnici, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche statiche e/o dinamiche, prove di carico su piastra e qualsiasi altra indagine aggiuntiva (prove geofisiche, etc), atte a verificare con sufficiente dettaglio che le caratteristiche locali stratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni di sedime siano conformi alle previsioni di progetto.

Salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori, i punti di indagine saranno posti ad intervalli **di almeno 100 m** e le indagini saranno spinte ad una profondità almeno pari alla metà della larghezza del piano di posa del rilevato salvo attestarsi nell'eventuale substrato roccioso.

5.1. MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEI RILEVATI

5.1.1. Provenienza dei materiali

L'Appaltatore dovrà fornire presso il cantiere, il materiale rispondente alle prescrizioni riportate nei documenti progettuali. Nel caso di approvvigionamento di materiali esterno all'area di cantiere, l'Appaltatore è unico responsabile, nei confronti della Stazione Appaltante, del rispetto delle normative vigenti in materia per l'utilizzo di materiale proveniente da scavi o da coltivazione di cave di prestito.

Laddove sia previsto l'impiego di smarino di galleria o di materiali provenienti da scavi, nell'ambito dello stesso cantiere, la stesa a rilevato sarà autorizzata soltanto dopo il prelievo di campioni e il favorevole esito delle prove di laboratorio; l'Appaltatore provvederà inoltre, a sua cura e spese, alla eventuale frantumazione e vagliatura del materiale stesso, al fine di ridurlo ad idonea pezzatura.

Prima di avviare l'impiego a rilevato dei materiali da scavo, dovranno essere asportate le eventuali coltri vegetali, sostanze organiche, rifiuti e rimossi tutti quegli agenti che possono provocare la contaminazione del materiale durante la coltivazione.

Le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a propria cura e spese, l'Appaltatore dovesse avvalersi dovranno essere realizzate e condotte nel rispetto delle vigenti norme di Legge ed in modo che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Fintanto che non siano state esaurite, per la formazione dei rilevati, tutte le disponibilità dei materiali idonei proveniente dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Appaltatore volesse aprire, saranno a suo totale carico.

L'Appaltatore non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in Elenco per la formazione dei rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

È fatto obbligo all'Appaltatore, nel caso di utilizzo di materiale di cava, di indicare i siti di provenienza dei materiali per la costruzione dei rilevati alla Direzione Lavori, che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali da Laboratori ufficiali di propria indicazione, a cura e spese dell'Appaltatore. Solo a seguito dell'assenso della Direzione Lavori all'utilizzazione del materiale, l'Appaltatore è autorizzato a conferire in cantiere i materiali da portare in rilevato.

5.1.2. Prove di controllo dei materiali

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (almeno una ogni 20.000mc di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (almeno una ogni 20.000mc di materiale);

- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0.4 UNI 2332 (almeno una ogni 40.000mc di materiale);
- prova di compattazione AASHTO Mod. T/180-57 (almeno una ogni 40.000mc di materiale).

e l'esecuzione eventuale di:

- analisi granulometrica sui materiali impiegati nella prova di compattazione, prima e dopo la prova stessa limitatamente a quei materiali per i quali è sospetta la presenza di componenti instabili;
- prova edometrica limitatamente ai materiali coesivi e semicoesivi prelevati dal campione dopo l'esecuzione della prova AASHTO Mod. T/180-57 e compattati al 95% della densità massima ($\pm 2\%$).

Il prelievo dei campioni sarà effettuato in contraddittorio con la Direzione Lavori la quale provvederà ad indicare il nominativo del laboratorio (o dei laboratori) presso il quale l'Appaltatore provvederà a far eseguire a sua cura e spese, sotto il controllo della medesima, le prove richieste.

Il numero minimo di prove N da effettuare per ogni tipologia è dato dalla seguente relazione:

$$N = V_t/V_m + 1$$

dove

V_t = volume totale di materiale da approvvigionare;

V_m = volume minimo di materiale indicato nelle prove sopra definite.

Il valore di N è pari al valore intero determinato nella relazione, approssimato all'unità superiore.

5.2. PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI

5.2.1. Scotico, bonifica e gradonature

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati l'Appaltatore dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e alla estirpazione delle ceppaie, delle radici, degli arbusti etc. e al loro sistematico ed immediato allontanamento a discarica.

Sarà di seguito eseguita la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta del rilevato per la profondità stabilita in progetto, e comunque non inferiore a **20cm**, in accordo con le risultanze delle indagini di cui ai precedenti articoli e secondo le direttive impartite dal Direttore dei Lavori.

L'Appaltatore provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; in quella sede la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali coesivi, teneri o torbosi o per l'asportazione dei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza da parte dell'Appaltatore.

Laddove una maggiorazione di scavo sia da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'Appaltatore o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con idonei materiali, a propria cura e spese.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato se ritenuto idoneo nella sistemazione a verde delle scarpate; quello in eccesso dovrà essere immediatamente rimosso e portato a discarica autorizzata.

Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità precedentemente autorizzate dalla Direzione Lavori; l'accumulo di detti materiali dovrà comunque consentire il regolare deflusso delle acque e dovrà risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e salvo più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Quando siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati eccedenti i 15cm, l'Appaltatore sottoporrà alla Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore in accordo con la Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

5.2.2. Caratteristiche del piano di posa e della pavimentazione stradale in trincea

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione M_d al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30cm) dovrà risultare non inferiore a:

- **50MPa:** nell'intervallo compreso tra 1.5÷2.5daN/cm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato, in trincea;
- **30MPa:** nell'intervallo compreso tra 0.5÷1.5daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando questo è posto a meno di 1.00m. da quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- **15MPa:** nell'intervallo compreso tra 0.5÷1.5daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando questo è posto a oltre 1.00m. da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura, la Direzione Lavori procederà ad un intervento di bonifica con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

A rullatura eseguita la densità in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della densità massima AASHTO mod.T/180-57, sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della densità massima AASHTO mod.T/180-57 sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in trincea.

5.2.3. Strato di bonifica o transizione (rilevato-terreno)

Quando, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche ed alla natura dei materiali costituenti il rilevato, è necessario migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, verrà eseguita una bonifica con:

- la stesa di uno strato di geotessile non tessuto, anche con funzione anticontaminante;
- la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare.

5.2.4. Geotessile non tessuto

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene o poliestere, di peso non inferiore a 300g/m².

Il geotessile dovrà essere utilizzato per costruzioni stradali in conformità alla UNI EN 13249.

I requisiti minimi del geotessile sono i seguenti:

CARATTERISTICHE TECNICHE	VALORI
peso (EN 965) (g/m ²)	300
resistenza a trazione longitudinale (EN ISO 10319) (kN/m)	30
resistenza a trazione trasversale (EN ISO 10319) (kN/m)	30
allungamento a rottura longitudinale/trasversale (EN ISO 10319) (%)	>35
resistenza al punzonamento CBR (EN ISO 12236) (N)	3300

Tabella 5.1 - Caratteristiche tecniche minime Geotessile

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. La posa dei teli dovrà essere in senso trasversale all'asse stradale e dovrà essere curata la giunzione mediante sovrapposizione di almeno 30cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30cm.

5.2.5. Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere lo spessore definito nel progetto e comunque non inferiore a 50cm, e sarà composto di materiali aridi aventi granulometria assortita da 2÷50mm, con passante al vaglio da 2mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0.075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali.

5.3. TIPOLOGIE DI RILEVATI

Si considerano separatamente le seguenti categorie di lavoro:

- rilevati stradali;**
- rilevati realizzati con la tecnica della "terra armata" o della "terra rinforzata";**
- rilevati di precarico e riempimenti.**

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme C.N.R. - UNI 10006/63.

5.3.1. Rilevati stradali

Le caratteristiche di deformabilità dei rilevati dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli. Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo.

Nel caso di rilevati aventi notevole altezza, dovranno essere realizzate banchine di scarpata della larghezza di **2.00m** a quota idonea e comunque ad una distanza verticale dal ciglio del rilevato non superiore a **5.00m**.

Le scarpate dovranno avere pendenze non superiori a quelle previste in progetto ed indicate nei corrispondenti elaborati.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di appoggio dei rilevati superiori ai 15cm, l'Appaltatore sottoporrà alla Direzione Lavori un piano per il controllo dell'evoluzione dei cedimenti.

La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo e il rilevamento dei cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'impresa in accordo con la Direzione Lavori.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5cm.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali il terreno costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, con la cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato, di analoga altezza ed il suo costipamento, consentendo nel contempo l'eventuale viabilità del rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo o portato a rifiuto se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la costruzione del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

5.3.1.1. Impiego di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3

Potranno essere impiegati indistintamente materiali appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, fatta eccezione per l'ultimo strato (il più vicino al piano stradale) di 30cm ove dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A1-a e A3, e non saranno ammesse rocce frantumate con pezzature grossolane.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nel restante rilevato se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 30cm.

Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20cm) deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90% della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod., salvo per l'ultimo strato di 30cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione che dovrà presentare una densità pari o superiore al 95%.

5.3.1.2. Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7

Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto; il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2.00m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale previa sovrapposizione ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30cm.

Il grado di densità e la percentuale di umidità secondo cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Appaltatore e sottoposti alla

approvazione della Direzione Lavori. Quanto sopra allo scopo di contenere a limiti minimi, ritiri e rigonfiamenti di materiali.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

5.3.1.3. Impiego di terre appartenenti ai gruppi A4, A5,A6,A7

Per quanto riguarda le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7 si esaminerà, di volta in volta, l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione (a calce e/o cemento, secondo le norme stabilite nel Capitolato Speciale d'Appalto), attraverso una opportuna campagna sperimentale.

I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30cm.

5.3.2. Rilevati in "terra armata" o in "terra rinforzata"

Dovranno essere impiegati i soli materiali appartenenti ai gruppi A1 e A3.

Eventuali deroghe potranno essere autorizzate dalla Direzione Lavori solo se supportate da accurate verifiche e indagini di laboratorio e/o in sito da eseguirsi a cura e spese dell'Appaltatore.

Viene del tutto esclusa la possibilità di impiegare materiali con pezzature superiori ai 25cm e materiali contaminati da resti vegetali, componenti organiche o instabili (solubili, gelive, degradabili).

Allo scopo di garantire un comportamento omogeneo della terra armata, qualora i materiali di cava non mantenessero la prescritta uniformità di caratteristiche granulometriche e chimiche, gli stessi saranno preventivamente stoccati in apposita area al fine di essere opportunamente mescolati.

Nel caso in cui si preveda l'uso di armature metalliche, per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- contenuto in sali;
- solfuri, del tutto assenti;
- solfati, solubili in acqua, minori di 500mg/kg;
- cloruri, minori di 100mg/kg;
- pH, compreso tra 5÷10;
- resistività elettrica superiore a 1.000ohmxcn per opere all'asciutto, superiore a 3.000ohmxcn per opere immerse in acqua.

I requisiti prestazionali di teli e geogriglie per la realizzazione di terre rinforzate dovranno essere conformi a quanto stabilito nel presente Capitolato ed alle specifiche di progetto.

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una densità misurata alla base di ciascun strato non inferiore al 95% della densità massima individuata mediante la prova AASHTO

5.3.3. Rilevati di precarico e riempimenti

Potranno essere impiegati materiali di qualsiasi natura fatta eccezione per quelli appartenenti ai gruppi A7 e A8.

I materiali provenienti da scavi potranno essere impiegati soltanto se ritenuti idonei dalla D.L.

Non è richiesto il conseguimento di una densità minima; il materiale dovrà essere steso in strati regolari di spessore prestabilito e le modalità di posa dovranno essere atte a conseguire una densità uniforme, controllata con sistematicità, e tale da garantire l'opera da instabilità ed erosioni.

5.4. COSTRUZIONE DEL RILEVATO

5.4.1. Stesa dei materiali

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%.

In presenza di paramenti di rilevati in terra armata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e delle finalità del rilevato. Comunque, salvo diverse prescrizioni progettuali, tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- **50cm** per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, o con rocce frantumate;

- **40cm** per rilevati in terra armata;
- **30cm** per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7.

Per i rilevati eseguiti con la tecnica della terra armata o rinforzata e in genere per quelli delimitati da opere di sostegno flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

5.4.2. Compattazione

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1.5\%$ circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHTO Mod.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; nelle fasi iniziali del lavoro, l'Appaltatore dovrà adeguare le proprie modalità esecutive in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

La compattazione dovrà essere condotta in maniera atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente, pari almeno al 10% della larghezza del rullo. Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1.50m dai paramenti della terra armata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti si dovrà eseguire la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40mm.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento da utilizzare, in funzione del materiale da impiegare e delle condizioni operative da affrontare; il cemento dovrà comunque essere in ragione di 25÷50kg/mc di materiale compattato.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della densità max AASHTO Mod. procedendo per strati di spessore non superiore a 30cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezia avente la base inferiore di 2.00m, quella superiore pari a 2.00m + 3/2h e l'altezza ore coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo. Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Appaltatore dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

5.4.3. Condizioni climatiche

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (per esempio il pietrame).

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

5.5. RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI

Tali rilevati sono quelli realizzati con materiali provenienti da

- a. **rifiuti speciali da demolizione edile;**
- b. **rifiuti speciali industriali - scorie.**

5.5.1. Rilevati con materiali riciclati provenienti da demolizione edile

In alternativa ai materiali naturali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006/63 può essere previsto, nella costruzione di rilevati, l'impiego di inerti provenienti da recupero e riciclaggio di materiali edili.

I rilevati con materiali riciclati potranno essere eseguiti **previa autorizzazione della Direzione Lavori** e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

E' comunque vietato l'utilizzo diretto dei materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi; l'utilizzo di tali materiali è **consentito previo loro trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa vigente.**

Gli impianti di riciclaggio dovranno essere costituiti da distinte sezioni di trattamento, attraverso fasi meccanicamente e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione dei materiali ferrosi, legnosi, e delle frazioni leggere, nonché delle residue impurità, per la selezione dei prodotti finali. Gli impianti dovranno comunque essere dotati di adeguati dispositivi per la individuazione di materiali non idonei.

Dovrà essere preventivamente fornita alla D.L. oltre all'indicazione dell'impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali.

5.5.1.1. Prove di prequalificazione del materiale

Nel materiale le componenti lenticolari (definiti come in BU CNR n.95/84) non dovranno essere in quantità superiore al 30% e devono inoltre essere assenti sostanze organiche o contaminanti definite secondo le vigenti normative.

Il materiale fornito dovrà avere pezzatura non superiore a 71mm. e dovrà rientrare nel fuso granulometrico di seguito riportato:

SERIE CRIVELLI E SETACCI UNI	PASSANTE IN PESO (%)
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0.4	7 - 22
setaccio 0.075	2 - 15

Tabella 5.4 - Rilevati con materiali riciclati provenienti da demolizione edile - Fuso granulometrico

Il materiale fornito dovrà possedere i seguenti requisiti:

- percentuale di rigonfiamento, secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009), inferiore a 1%;
- perdite inferiori al 40 % in peso con la prova di abrasione Los Angeles;
- sensibilità al gelo (CNR 80/1988 Fasc. 4 art.23 modificato), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles cl. A) non superiore a 30.

5.5.1.2. Posa in rilevato

Per la posa in opera si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante procedimento AASHO modificato (CNR 69/1978) e per la stesa del materiale si dovrà procedere per **strati di spessore compreso fra 15 a 30cm**, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, costipati per mezzo di rulli vibranti di tipo pesante.

Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente sottoposto ad una prima umidificazione, per evitare la separazione delle parti a diversa granulometria, non essendo presente di norma la umidità naturale.

L'umidità da raggiungersi non dovrà essere inferiore al 7-8%.

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione M_d al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30cm) dovrà risultare non inferiore a:

- **50MPa** nell'intervallo compreso tra 1.5÷2.5daN/cm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato, in trincea;
- **30MPa** nell'intervallo compreso tra 0.5÷1.5daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando questo è posto a meno di 1.00m da quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- **15MPa** nell'intervallo compreso tra 0.5÷1.5daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando questo è posto a oltre 1.00m da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

Per questi materiali valgono le stesse prescrizioni di grado di costipamento già specificato per le terre.

5.5.2. Rilevati con materiali riciclati provenienti da rifiuti speciali industriali - scorie

Sempre in alternativa ai materiali rispondenti alla classificazione CNR-UNI 10006 può essere previsto nella costruzione di rilevati l'impiego di materiali provenienti da scorie industriali - loppe d'altoforno, esclusivamente di nuova produzione e comunque non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I rilevati con scorie industriali potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione Lavori e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

Le caratteristiche dei rifiuti debbono essere rispondenti alle prescrizioni normative vigenti sui rifiuti in genere e sui rifiuti pericolosi. In conformità a quanto stabilito dalla normativa vigente, viene favorito il reimpiego ed il riciclaggio di detti rifiuti previ accordi e convenzioni con i soggetti produttori interessati al reimpiego di dette materie, al fine di stabilire anche una positiva valutazione economica.

Tutti gli oneri inerenti alla gestione, sicurezza e garanzia della stabilità chimico-fisica del prodotto da utilizzare, rimangono a carico dell'imprenditore, così come tutti gli oneri e le incombenze derivanti dai permessi da richiedersi presso gli Enti preposti alla tutela dell'ambiente e del territorio.

Tali permessi sono rigorosamente prescritti, prima di procedere a qualsiasi utilizzazione ed impiego del materiale in esame.

E' riservata alla Direzione Lavori, la facoltà di adottare la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando le scorie esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando materiale da rilevato tradizionale per le fasce laterali di spessore costante dell'ordine dei 2.00m.

5.5.2.1. Prove di prequalificazione del materiale

Il materiale per essere impiegato nella formazione di strati di rilevato dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

- la curva granulometrica, dovrà presentare un passante al setaccio 0,075mm , non superiore al 10%, ed un coefficiente di disuniformità maggiore o uguale a 7;
- l'attività del materiale dovrà essere compresa tra 20 e 40, dove per attività si intende il coefficiente calcolato dividendo per 1.000 il prodotto della superficie specifica (cm²/g), determinata con il permeabilmetro di Blain opportunamente adattato, per la friabilità intera come percentuale di elementi < 80µm, ottenuti dopo opportuna frantumazione
- il contenuto naturale di acqua (umidità), deve essere <15%.

5.5.2.2. Posa in rilevato

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale in strati di spessore compreso tra i 15 e i 30cm.

Nell'eventualità di una parzializzazione del corpo del rilevato i materiali di contronucleo verranno posti in opera con strati aventi medesimo spessore di quelli realizzati con loppa.

Quindi si procederà al costipamento dell'intero strato.

A compattazione avvenuta, tutti i materiali utilizzati per la realizzazione del singolo strato dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 90% di quella massima individuata nelle prove di compattazione (CNR 69/78), (CNR 22/72).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione M_d al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30cm) dovrà risultare non inferiore a:

- **50MPa** nell'intervallo compreso tra 1.5÷2.5daN/cm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato, in trincea;
- **30MPa** nell'intervallo compreso tra 0.5÷1.5daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando questo è posto a meno di 1.00m da quello della fondazione della pavimentazione stradale;

- **15MPa** nell'intervallo compreso tra 0.5÷1.5daN/cm² sul piano di posa del rilevato quando questo è posto a oltre 1.00m da quello della fondazione della pavimentazione stradale.
Per questi materiali valgono le stesse prescrizioni di grado di costipamento già specificato per le terre.

5.6. SPECIFICHE DI CONTROLLO

La seguente specifica si applica ai vari tipi di rilevato costituenti il corpo stradale e precedentemente esaminati. La procedura delle prove di seguito specificata deve ritenersi come **minima** e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, **dovrà esibire alla Direzione Lavori, prima dell'impiego, i relativi Certificati di Conformità ai sensi della EN 12620.**

Tali Certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I Certificati devono essere forniti dall'Appaltatore anche a seguito di variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

L'Appaltatore è obbligato ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla Direzione Lavori, un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla Direzione Lavori, per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 5.6, la frequenza delle prove di cantiere sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla Direzione Lavori, vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63, e riportati nell'allegata Tabella in calce al presente articolo.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

CATEGORIE DI LAVORO E MATERIALI	CONTROLLI PREVISTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
Movimenti di terra		D.M. 11.03.1988 C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988
Piani di posa dei rilevati	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
Piani di posa delle fondazioni stradali in trincea	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
Formazione dei rilevati	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR Impiego della calce	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.36 A VII

Tabella 5.5 - Materiali da rilevato - Normativa di riferimento controlli

5.6.1. Controlli di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate, salvo diverse prescrizioni progettuali, mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0.40 UNI 2332;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978).

La caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata nella tabella seguente:

Frequenza delle prove (almeno 1 ogni 2.000mc)		
TIPO DI PROVA	RILEVATI STRADALI	TERRE RINFORZATE

	CORPO DEL RILEVATO		ULTIMO STRATO DI 30cm		primi 5.000 m3	successivi m3
	primi 5.000 m3	successivi m3	primi 5.000 m3	successivi m3		
Classificazione CNR-UNI 10006/63	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHO Mod. CNR	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volumica in sito B.U. CNR n.22	250	5000	250	1000	250	1000
Prova di carico su piastra CNR 9 - 67	*	*	500	2000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	5000	5000
* Su prescrizione delle Direzione Lavori ** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato						

Tabella 5.6 - Materiali da rilevato - Frequenza controlli

5.6.2. Prove di controllo in fase esecutiva

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i campioni presso il Laboratorio autorizzato indicato dalla Direzione Lavori.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione in luogo indicato dalla Direzione Lavori previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell' Appaltatore e nei modo più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

5.6.3. Prove di controllo sul piano di posa

Il numero minimo delle prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati o della fondazione delle pavimentazioni sia in trincea che in rilevato è messo in relazione alla differenza di quota (ΔQ) fra i piani di posa del rilevato e della fondazione della pavimentazione.

TIPO DI PROVA	ΔQ (m)		
	0.00 - 1.00	1.00 - 2.00	> 2.00
prove di carico su piastra: una ogni	500 mq	500 mq	500 mq
prove di densità in sito: una ogni	500 mq	500 mq	500 mq

Tabella 5.7 - Frequenza controlli piano di posa

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione etc.).

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 10 ogni 1.000mc.

Le prove di controllo sono tutte a totale cura e spese dell'Appaltatore.

5.6.4. Controllo dei materiali impiegati nella stabilizzazione a calce e/o cemento

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Il trattamento a calce e/o cemento richiede particolare cura nelle varie fasi della lavorazione. In caso contrario gli esiti positivi riscontrati in laboratorio, potrebbero essere decisamente compromessi.

5.6.4.1. Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (una almeno ogni 1.000mc di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (una ogni giorno);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0.40 UNI 2332 (una ogni giorno);

Sul materiale trattato, verranno effettuate le seguenti prove:

- polverizzazione del materiale trattato (una ogni 500mq);
- CBR (dopo 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua) (una ogni 500mq)

5.6.4.2. Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali posti in opera saranno inoltre accertate mediante le seguenti prove in sito:

- massa volumica della terra in sito (una ogni 1.000mc)
- prova di carico con piastra circolare (una ogni 1.000mc)

5.6.4.3. Prove di controllo sul piano di posa

Le prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati, sottoposto a stabilizzazione con calce e cemento, avranno la frequenza di una prova ogni 500mq.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

5.6.5. Controllo dei materiali riciclati provenienti da demolizione edile

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

5.6.5.1. Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n.69);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n°80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40% in peso.

Sarà effettuata una prova ogni 500mc di materiale da porre in opera.

5.6.5.2. Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali posti in opera saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- massa volumica della terra in sito (una ogni 500mc);
- prova di carico con piastra circolare (una ogni 500mc).

5.6.6. Controllo dei materiali riciclati provenienti da rifiuti speciali industriali - scorie

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

5.6.6.1. Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n.69);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica;
- determinazione dell'attività.

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200ton di materiale.

5.6.6.2. Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali posti in opera saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- massa volumica della terra in sito (una ogni 500mc);

- prova di carico con piastra circolare (una ogni 500mq).

5.6.7. Controllo sul geotessile

I prelievi dei campioni saranno eseguiti con le modalità di cui all'art. 1.

Le prove dovranno essere effettuate a spese dell'Appaltatore presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego e, successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori ogni 10.000mq di materiale fornito.

Il geotessile dovrà essere del tipo "a filo continuo", prodotto per estrusione del polimero, composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

Il polipropilene costituente dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Massa volumica (g/cm ³)	0,90
Punto di rammollimento (°C)	413
Punto di fusione (°C)	443 ÷ 448
Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)	0,04
Resistenza a trazione (N/5cm)	1900

Tabella 5.8 - Controlli su geotessili

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati, restando a carico dell'Appaltatore il relativo onere.

FORMAZIONE DEL RILEVATO - GENERALITÀ, CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI

Classificazione generale	Prospetto I - Classificazione delle terre						Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 > 35%				Torbe e terre organiche palustri				
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7					
Gruppo	A1a	A1b	A3	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8		
Analisi granulometrica: Frazione passante allo staccio 2 UNI2332 % 0.40 UNI 2332 % 0.075 UNI 2332 %	≤50 ≤30 ≤15	--- ≤50 ≤25	--- ≤50 ≤10	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	--- ≤35 ≤35	---		
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.40 UNI2332 Limite liquido Indice di plasticità	---	---	---	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	≤40 ≤10 ≤10	---		
Indice di gruppo	0	0	0	0	0	≤4	≤4	≤8	≤12	≤16	≤20	≤20	---		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grassa pomice, sone vulcaniche, pazzolare	Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa							Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente compressibili	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono									Molto elevata	Media	Elevata	Media		
Gruppo	A1	A3	A2							A4	A5	A6	A7	A8	
Sottogruppo	A1a	A1b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media												
Ritiro o rigonfiamento	Nulla		Nulla o lieve												
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa												
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile		Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto			La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla			Reagiscono alla prova di scuotimento* Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido			Non reagiscono alla prova di scuotimento* Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di color bruno o nero Facilmente individuabili a vista

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille - Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che comparirà comprimendo il campione fra le dita.

Tabella 5.9 - Classificazione terre (UNI 10006/63)

6. CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI

6.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 17/01/18 “Norme Tecniche per le Costruzioni”	
Linee Guida per il Calcestruzzo Preconfezionato	
Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale	
Linee Guida sui Calcestruzzi Strutturali ad Alta Resistenza	
Linee Guida per la messa in opera del Calcestruzzo Strutturale	
UNI EN 206-1:2006	<i>Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità</i>
UNI 11104	<i>Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1</i>
UNI EN 197-1: 2006	<i>Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni</i>
UNI 9156	<i>Cementi resistenti ai solfati</i>
ISO 9001:2000	<i>Sistema di gestione per la qualità. Requisiti</i>
UNI EN 12620	<i>Aggregati per calcestruzzo</i>
UNI 8520 Parte 1 e 2	<i>Aggregati per calcestruzzo-Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI-EN 12620 – Requisiti</i>
UNI EN 1008:2003	<i>Acqua d'impasto per il calcestruzzo</i>
UNI EN 934-2	<i>Additivi per calcestruzzo</i>
UNI EN 450	<i>Ceneri volanti per calcestruzzo</i>
UNI-EN 13263 parte 1 e 2	<i>Fumi di silice per calcestruzzo</i>
UNI EN 12350-2	<i>Determinazione dell' abbassamento al cono</i>
UNI EN 12350-5	<i>Determinazione dello spandimento alla tavola a scosse</i>
UNI EN 12350-7	<i>Misura del contenuto d'aria sul calcestruzzo fresco</i>
UNI 7122	<i>Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità di acqua d'impasto essudata</i>
UNI EN 12390 Parte 1, 2, 3 e 4	<i>Procedura per il confezionamento dei provini destinati alla valutazione della resistenza meccanica a compressione</i>
prEN 13791	<i>Valutazione della resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo(in situ) della struttura in opera</i>
UNI EN 12504-1	<i>Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Carote: valutazione della resistenza a compressione</i>
EN 10080:2005	<i>Acciaio per cemento armato</i>
UNI EN ISO 15630 -1/2	<i>Acciai per cemento armato: Metodi di prova</i>
EUROCODICE 2- UNI ENV 1992	<i>Progettazione delle strutture in c.a.</i>
UNI ENV 13670-1	<i>Execution of concrete structures</i>
UNI 8866	<i>Disarmanti</i>

6.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.2.1. Cementi

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

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

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206-1 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606. Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art.1, lett.c, della L. n°595/65 o, al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.

6.2.1.1. Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al punto precedente.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto nel Capitolato Speciale di Appalto e nella documentazione o elaborati tecnici specifici.

Nel caso di getti in calcestruzzo per sbarramenti di ritenuta, le disposizioni del presente articolo si applicano assumendo, in luogo dell'Attestato di Conformità CE, una attestazione di conformità all'art.1, lett. c, della L. n°595/65 rilasciata dal produttore di cemento.

6.2.1.2. Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso che il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato nel cantiere stesso. Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; è obbligatorio che il campionamento sia effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000ton di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del DPR n°380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

6.2.2. Aggiunte

Per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620.

Per le aggiunte di tipo II si farà riferimento al punto 4.2 della UNI 11104 ed ai punti 5.1.6 e 5.2.5 della UNI EN 206-1.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

6.2.2.1. Ceneri volanti

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI EN 450, definito al punto 5.2.5.2 della UNI EN 206-1 verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104, come riportato nella tabella seguente:

TIPO DI CEMENTO	CLASSI DI RESISTENZA	VALORI DI K
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R - 52.5 N, R	0.4

CEM IIA	32.5 N, R - 42.5 N, R	0.2
CEM IIIA	32.5 N, R - 42.5 N, R	0.2
CEM IVA	32.5 N, R - 42.5 N, R	0.2
CEM VA	32.5 N, R - 42.5 N, R	0.2

Tabella 6.1 - Valori del coefficiente k per ceneri volanti UNI EN 450 (prosp. 3, UNI 11104)

6.2.2.2. Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida ("slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente (paragrafo 6.3.3).

In deroga a quanto riportato al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206-1 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

- fumo di silice $\leq 7\%$ rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto a/c prescritto $\leq 0,45$ $k = 2,0$
- per un rapporto a/c prescritto $> 0,45$ $k = 2,0$ eccetto $k = 1,0$ per le classi di esposizione XC e XF

La quantità (cemento + $k \cdot$ quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della D.L.

6.2.3. Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. n°246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2600kg/mc. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continui a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2.600Kg/mc. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600kg/mc.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS_{0,2});
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con punto 11 della UNI EN 1744-1) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a

lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

6.2.3.1. **Aggregati di riciclo**

In attesa di specifiche normative sugli aggregati di riciclo è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella che segue, a condizione che il calcestruzzo possieda i requisiti reologici, meccanici e di durabilità di cui al paragrafo 6.3.7.

Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica saranno effettuate secondo i prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma UNI EN 12620.

Per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100ton di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

ORIGINE DEL MATERIALE DA RICICLO	CLASSE DEL CALCESTRUZZO	PERCENTUALE DI IMPIEGO
Demolizioni di edifici (macerie)	< C8/10	fino al 100%
Demolizioni di solo cls e c.a.	≤ C28/35	≤ 30%
	≤ C20/25	fino al 60%
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	≤ C45/55	fino al 5%

Tabella 6.2 - Percentuali di impiego di aggregati di riciclo (D.M. 17/01/2018)

Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, occorrerà fare specifico riferimento alla UNI 8520 parti 1 e 2.

6.2.4. **Acqua di impasto**

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008.

6.2.5. **Additivi**

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti o superfluidificanti ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità del calcestruzzo e la durabilità dei getti.

Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto. Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale, al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

Nella tabella seguente viene proposto uno schema riassuntivo per le varie classi di additivo in funzione delle classi di esposizione:

CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE DI RESISTENZA	A/C MAX	WR/SF	AE	HE	SRA	IC
X0	C12/15	0,60					
XC1 – XC2	C25/30	0,60	X				
XF1	C32/40	0,50	X		X	X	
XF2	C25/30	0,50	X	X	X	X	X
XF3	C25/30	0,50	X	X	X	X	
XF4	C28/35	0,45	X	X	X	X	X
XA1-XC3-XD1	C28/35	0,55	X			X	X

XS1-XC4-XA2-XD2	C32/40	0,50	X		X	X
XS2-XS3-XA3-XD3	C35/45	0,45	X		X	X

Tabella 6.3 - Additivo in funzione delle classi di esposizione

dove:

- A/C = rapporto acqua/cemento
- WR/SF = fluidificanti/superfluidificanti
- AE = aerante
- HE = acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali)
- SRA = additivi riduttori di ritiro
- IC = inibitori di corrosione.

6.2.6. Acciaio

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C (6mm ≤ Ø ≤ 40mm), rotoli tipo B450C (6mm ≤ Ø ≤ 16mm);
- reti elettrosaldate (6mm ≤ Ø ≤ 12mm) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati (6mm ≤ Ø ≤ 12mm) tipo B450C.

Questi prodotti devono rispondere alle caratteristiche richieste dal D.M.17/01/2018, che specifica le caratteristiche tecniche, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE). L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, il marchio indelebile che lo rende riconoscibile e riconducibile allo stabilimento di produzione.

6.2.6.1. Requisiti

6.2.6.1.1 Saldabilità e composizione chimica

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni specificate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), come riportato nella tabella seguente:

TIPO DI ANALISI	CARBONIO ^a C (%)	FOSFORO P (%)	ZOLFO S (%)	RAME Cu (%)	AZOTO ^b N (%)	CARBONIO EQUIVALENTE ^a (%)
Analisi su colata	0,22	0,050	0,050	0,80	0,012	0,50
Analisi su prodotto	0,24	0,055	0,055	0,85	0,014	0,52

a = è permesso superare il valore massimo di carbonio per massa nel caso in cui il valore equivalente del carbonio venga diminuito dello 0,02% per massa.
b = Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.

Tabella 6.4 - Massimo contenuto di elementi chimici (D.M. 17/01/2018)

6.2.6.1.2 Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), come riportato nella tabella seguente:

PROPRIETA'	VALORE CARATTERISTICO
f_y (N/mm ²)	≥ 450 α
f_t (N/mm ²)	≥ 540 α
f_t/f_y	≥ 1,15 β ≥ 1,35 β
Agt (%)	≥ 7,50 β
$f_y/f_{y,nom}$	≤ 1,25 β

α - valore caratteristico con $p = 0.95$
 β - valore caratteristico con $p = 0.90$

Tabella 6.5 - Proprietà meccaniche (D.M. 17/01/2018)

In aggiunta a quanto sopra riportato, si possono richiedere le caratteristiche aggiuntive come riportato nella tabella seguente:

PROPRIETA'	REQUISITO
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico**	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega	Mantenimento delle proprietà meccaniche
Controllo radiometrico	Superato ai sensi del D.L. 230/95 e del D. L. 241/00
* = in campo elastico ** = in campo plastico	

Tabella 6.6 - Proprietà aggiuntive

6.2.6.1.3 Prova di piega e raddrizzamento

In accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018, è richiesto il rispetto dei limiti riportati nella tabella seguente:

DIAMETRO NOMINALE (D) (mm)	DIAMETRO MASSIMO DEL MANDRINO
$\varnothing < 12$	4 D
$12 \leq \varnothing \leq 16$	5 D
$16 < \varnothing \leq 25$	8 D
$25 < \varnothing \leq 40$	10 D

Tabella 6.7 - Diametri del mandrino per la prova di piega e raddrizzamento (D.M. 17/01/2018)

6.2.6.1.4 Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione σ_{max} sarà 270N/mm² (0,6 $f_{y,nom}$). L'intervallo delle tensioni, 2 σ deve essere pari a 150N/mm² per le barre diritte o ottenute da rotolo e 100N/mm² per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a 2 x 10⁶.

6.2.6.1.5 Resistenza a carico ciclico in campo plastico

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc..).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3Hz, con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione max. di trazione/compressione come riportato nella seguente tabella:

DIAMETRO NOMINALE (D) (mm)	LUNGHEZZA LIBERA	DEFORMAZIONE (%)
$D \leq 16$	5 D	± 4
$16 < 25$	10 D	± 2.5
$25 \leq D$	15 D	± 1.5

Tabella 6.8 - Prova carico ciclico in relazione al diametro

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

6.2.6.1.6 Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018, come riportato nella tabella seguente:

DIAMETRO NOMINALE (D) (mm)	TOLLERANZA SULLA SEZIONE (%)
-------------------------------	---------------------------------

$6 \leq \varnothing \leq 8$	± 6
$8 < \varnothing \leq 40$	± 4.5

Tabella 6.9 - Diametri nominali e tolleranze (D.M. 17/01/2018)

6.2.6.1.7 Aderenza e geometria superficiale

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 17/01/2018. Le tensioni di aderenza devono essere misurate in accordo a quanto riportato nel D.M. 17/01/2018. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale.

6.2.6.2 Controlli sull'acciaio

6.2.6.2.1 Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate al punto 11.3.2.11 del D.M. 17/01/2018 e controllati con le modalità riportate nei punti 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'“Attestato di Qualificazione” rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 17/01/2018.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- Dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- Polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli “Attestati di Qualificazione” dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. 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 il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

6.2.6.2.2 Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel punto 11.3.2.10.4 del D.M. 17/01/2018. Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di **tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100cm** ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.3.2.3 di cui al precedente D.M., riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento, come riportato nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE	VALORE LIMITE	NOTE
fy minimo	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
fy massimo	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
Agt minimo	≥ 6.0%	Per acciai laminati a caldo
Rottura/snervamento	1.13 < ft/fy < 1.37	Per acciai laminati a caldo
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	Per tutti

Tabella 6.10 - Valori limite per prove acciaio

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n°380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100x100cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

6.2.6.3. Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate", come riportato nella tabella seguente:

DIAMETRO BARRA (mm)	DIAMETRO MINIMO DEL MANDRINO PER PIEGATURE E GANCI
$\varphi \leq 16$	4 φ
$\varphi > 16$	7 φ

Tabella 6.11 - Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

6.2.6.4. Deposito e conservazione in cantiere

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

6.3. CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

6.3.1. Classe di resistenza

Il comportamento e la resistenza delle strutture in calcestruzzo, vengono identificate mediante la classe di resistenza, contraddistinta dalla simbologia C (X/Y) dove:

- X è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione (f_{ck}) misurata su provini cilindrici con rapporto altezza/diametro pari a 2, espressa in N/mm²;
- Y è la resistenza caratteristica cubica a compressione (R_{ck}), valutata su provini cubici di lato 150mm, espressa in N/mm².

Le classi di resistenza sono definite nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018), come riportato nella tabella seguente:

CALCESTRUZZO CLASSE DI RESISTENZA C(x/y)
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C28/35
C32/40
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

Tabella 6.12 - Classi di resistenza del calcestruzzo (D.M. 17/01/2018)

6.3.2. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi 6.3.4 e 6.3.5 che seguono. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

6.3.3. Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- (a_{aggr}) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

- (a_{add}) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
 - (a_{gh}) => aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di chips di ghiaccio;
 - (a_m) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;
- ottenendo la formula:

$$a = \frac{a_{add} + a_{gh} + a_m}{c + c_v + f_s + K_{cv}c_v + K_{fs}f_s}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$a = \frac{a_{add} + a_{gh} + a_m}{c + c_v + f_s + K_{cv}c_v + K_{fs}f_s}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

- c => dosaggio per m³ di impasto di cemento;
- c_v => dosaggio per m³ di impasto di cenere volante;
- f_s => dosaggio per m³ di impasto di fumo di silice;
- K_{cv} e K_{fs} => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 6.2.2.1 e 6.2.2.2);

6.3.4. Lavorabilità (Classe di consistenza)

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato nella tabella seguente.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta.

Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L.:

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

Le classi di consistenza sono definite dalla UNI EN 206-1, come riportato nella tabella seguente:

CLASSE DI CONSISTENZA	ABBASSAMENTO DEL CONO DI ABRAMS SLUMP (mm)
S1	da 10 a 40
S2	da 50 a 90
S3	da 100 a 150
S4	da 160 a 200
S5	≥ 200

Tabella 6.13 - Classi di consistenza del calcestruzzo (UNI EN 206-1)

6.3.5. Acqua di bleeding

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

6.3.6. Contenuto d'aria

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato nella tabella 6.16, in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti).

6.3.7. Durabilità (Classe di esposizione)

Ogni calcestruzzo dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206 -1 e dalle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale in base alla classe di esposizione ambientale della struttura cui il calcestruzzo è destinato.

DENOMINAZIONE DELLA CLASSE	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	ESEMPI INFORMATIVI DI SITUAZIONI A CUI POSSONO APPLICARSI LE CLASSI DI ESPOSIZIONE
1. ASSENZA DI RISCHIO DI CORROSIONE O ATTACCO		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
2. CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE (CALCESTRUZZO CONTENENTE ARMATURE O INSERTI METALLICI ED ESPOSTO ALL'ARIA ED ALL'UMIDITA')		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.
3. CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI ESCLUSI QUELLI PROVENIENTI DALL'ACQUA DI MARE		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.
4. CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI PRESENTI NELL'ACQUA DI MARE		
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
5. ATTACCO DEI CICLI GELO/DISGELO CON O SENZA DISGELANTI		

XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.
6. ATTACCO CHIMICO		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.

Tabella 6.14 - Classi di esposizione ambientali del calcestruzzo (prosp.1 - UNI 11104)

	NESSUN RISCHIO DI CORROSIONE DELLE ARMATURE	CORROSIONE DELLE ARMATURE INDOTTA DALLA CARBONATAZIONE				CORROSIONE DELLE ARMATURE INDOTTA DAI CLORURI				ATTACCO DAI CICLI DI GELO/ DISGELO				AMBIENTE AGGRESSIVO PER ATTACCO CHIMICO				
		CORROSIONE DELLE ARMATURE INDOTTA DAI CLORURI				CORROSIONE DELLE ARMATURE INDOTTA DAI CLORURI PROVENIENTI DA ALTRE FONTI				CORROSIONE DELLE ARMATURE INDOTTA DAI CLORURI				CORROSIONE DELLE ARMATURE INDOTTA DAI CLORURI				
		ACQUA DI MARE		CLORURI		ACQUA DI MARE		CLORURI		ACQUA DI MARE		CLORURI		ACQUA DI MARE		CLORURI		
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
MASSIMO RAPPORTO a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
MINIMA CLASSE DI RESISTENZA	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C32/40	C35/45	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C28/35	C28/35	C28/35	C32/40	C35/45
MINIMO CONTENUTO IN CEMENTO (Kg/m ³)		300	320	340	340	340	360	360	320	340	360	320	340	360	360	320	340	360
CONTENUTO MINIMO IN ARIA (%)													3,0 (a)					
ALTRI REQUISITI																		

(a) QUANDO IL CALCESTRUZZO NON CONTIENE ARIA AGGIUNTA, LE SUE PRESTAZIONI DEVONO ESSERE VERIFICATE RISPETTO AD UN CALCESTRUZZO AERATO PER IL QUALE È PROVATA LA RESISTENZA AL GELO/DISGELO, DA DETERMINARSI SECONDO UNI 7067, PER LA RELATIVA CLASSE DI ESPOSIZIONE.

(b) QUALORA LA PRESENZA DI SOLFATI COMPORTI LE CLASSI DI ESPOSIZIONE XA2 E XA3 È ESSENZIALE UTILIZZARE UN CEMENTO RESISTENTE AI SOLFATI SECONDO LA UNI 9156.

Durabilità calcestruzzo valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (Prospetto 4 della norma UNI 11104)

Tabella 6.15 - Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (prosp.4 - UNI 11104)

6.3.8. Tipi di conglomerato cementizio

Per la realizzazione di opere in c.a., dovrà essere impiegato **esclusivamente “conglomerato cementizio a prestazione garantita”** secondo quanto previsto dalla UNI EN 206-1.

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto, dovrà essere caratterizzata dai seguenti parametri:

- classe di esposizione;
- classe di resistenza;
- classe di consistenza;
- rapporto (a/c)max;
- minimo contenuto di cemento;
- minimo contenuto di aria (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4);
- tipo di cemento (se necessario);
- dimensione max dell'aggregato;
- copriferro minimo.

Sarà compilata una tabella, sull'esempio di quella sottostante, contenente i vari tipi di conglomerato impiegati, le loro caratteristiche prestazionali e la loro destinazione.

TIPI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO (UNI 11104 - UNI EN 206-1)								
Campo d'impiego	Classe di esposizione	Classe resistenza	Classe di consistenza (slump)	Rapporto (a/c) max	Minimo contenuto di cemento (kg/m ³)	Minimo contenuto di aria (classi XF2, XF3 e XF4)	Dimensione max aggregato (mm)	Copriferro minimo (mm)
Fondazione	XC2	C25/30	S4	0.60	300	0	35	40

Tabella 6.16 - Classificazione dei diversi tipi di conglomerato

6.4. QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) per la produzione del calcestruzzo si possono configurare due differenti possibilità:

- a. **calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;**
- b. **calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.**

6.4.1. Produzione limitata di calcestruzzo direttamente effettuata in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati.

In tal caso la produzione deve essere effettuata sotto la diretta vigilanza del Direttore dei Lavori. Il punto 11.2.3 del D.M. 17/01/2018 prevede, in questo caso, la qualificazione iniziale delle miscele per mezzo della “Valutazione preliminare della Resistenza”, effettuata sotto la responsabilità dell'appaltatore o committente, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n°380/2001 (Laboratori Ufficiali).

Nella relazione di prequalifica, nel caso di calcestruzzo prodotti senza processo industrializzato l'appaltatore dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documenti sulla marcatura CE dei materiali costituenti;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;

- classe di consistenza del calcestruzzo;
- risultati delle prove di resistenza a compressione;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2-28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

6.4.2. Calcestruzzo confezionato con processo industrializzato e prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzative sia in cantiere che in stabilimento esterno al cantiere.

In tal caso la produzione deve essere effettuata secondo le prescrizioni previste al punto 11.2.8 del D.M. 17/01/2018.

In questa fattispecie rientrano, a loro volta, tre tipologie di produzione del calcestruzzo:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi;
- calcestruzzo prodotto negli stabilimenti di prefabbricazione;
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo di qualità e gli impianti devono essere dotati di un **Sistema di Controllo permanente della Produzione (FPC)** allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il Sistema di Controllo della Produzione di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato in impianti di un fornitore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Il Sistema di Controllo della Produzione dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la UNI EN 45012.

Il Sistema di Controllo di Produzione dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione dovrà, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive dovrà verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali.

Il programma delle prove di autocontrollo deve essere sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto dei disposti normativi per le numerose miscele prodotte, ma essere nel contempo contenuto in maniera tale da agevolarne l'applicazione, in virtù dell'elevato numero delle miscele prodotte in generale in un impianto di calcestruzzo preconfezionato.

È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere indichino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno il Direttore dei Lavori potrà richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (es. certificazione della marcatura CE degli aggregati, del cemento, etc.)

6.5. POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice. Nel caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali la confezione dei provini verrà effettuata anche alla presenza dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al disotto dei +5°C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33°C.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50cm; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo, come riportato nella tabella seguente.

CLASSE DI CONSISTENZA	TEMPO MINIMO DI IMMERSIONE DELL'AGO NEL CALCESTRUZZO (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

Tabella 6.17 - Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti in maniera tale da non interagire con le armature.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

6.5.1. Tolleranze esecutive

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- **Fondazioni: plinti, platee, solettoni, ecc.**
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto $S = \pm 3.0\text{cm}$
 - dimensioni in pianta $S = - 3.0 + 5.0\text{cm}$
 - dimensioni in altezza (superiore) $S = - 0.5 + 3.0\text{cm}$
 - quota altimetrica estradosso $S = - 0.5 + 2.0\text{cm}$
- **Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.**
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto $S = \pm 2.0\text{cm}$
 - dimensione in pianta (anche per pila piena) $S = - 0.5 + 2.0\text{cm}$
 - spessore muri, pareti, pile cave o spalle $S = - 0.5 + 2.0\text{cm}$
 - quota altimetrica sommità: $S = \pm 1.5\text{cm}$
 - verticalità per $H \leq 600\text{cm}$ $S = \pm 2.0\text{cm}$
 - verticalità per $H > 600\text{cm}$ $S = \pm H/12$
- **Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:**
 - spessore: $S = -0.5 + 1.0\text{cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1.0\text{cm}$
- **Vani, cassette, inserterie:**
 - posizionamento e dimensione vani e cassette $S = \pm 1.5\text{cm}$
 - posizionamenti inserti (piastre boccole) $S = \pm 1.0\text{cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

6.5.2. Casseforme

Per tali opere provvisorie l'appaltatore comunicherà preventivamente alla direzione dei lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il

sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

6.5.2.1. Caratteristiche delle casseforme

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

6.5.2.2. Pulizia e trattamento

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

6.5.2.3. Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc.

6.5.2.4. Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

6.5.3. Getti faccia a vista

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Apposite matrici potranno essere adottate se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Le riprese di getto saranno delle linee rette e, qualora richiesto dalla DD.LL., saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm, che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

6.6. STAGIONATURA

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione). Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale in sabbia od altro materiale rimovibile, che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Nel caso di superfici orizzontali non casserate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni.

Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

6.7. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

La Direzione dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, sarà condotto secondo quanto previsto al punto 11.2 del D.M. 17/01/2018:

- **controllo di tipo A;**
- **controllo di tipo B** (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500mc di miscela omogenea);

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera" (non prima di aver scaricato almeno 0.3mc di conglomerato), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate al punto 11.2.4 (PRELIEVO DEI CAMPIONI) del D.M. 17/01/2018 e nella norma UNI-EN 206-1.

Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere eseguito alla presenza della Direzione dei Lavori.

In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150mm o cilindrica con diametro $d=150\text{mm}$ ed altezza $h=300\text{mm}$.

Il prelievo del calcestruzzo deve essere effettuato non prima di aver scaricato 0.3mc di calcestruzzo e preferibilmente a metà dello scarico della betoniera. Il conglomerato sarà versato tramite canaletta

all'interno di una carriola in quantità pari a circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini. Il materiale versato verrà omogeneizzato con l'impiego di una sassola. È obbligatorio inumidire tutti gli attrezzi necessari al campionamento (carriola, sessola) prima di utilizzarli, in modo tale da non modificare il contenuto di acqua del campione di materiale prelevato. Prima del riempimento con il conglomerato, le casseforme andranno pulite e trattate con un liquido disarmante.

Per la compattazione del calcestruzzo entro le casseforme è previsto l'uso di uno dei seguenti mezzi:

- pestello di compattazione metallico a sezione circolare e con le estremità arrotondate, con diametro di circa 16mm e lunghezza di circa 600mm;
- barra diritta metallica a sezione quadrata, con lato di circa 25mm e lunghezza di circa 380mm;
- vibratore interno con frequenza minima di 120Hz e diametro non superiore ad $\frac{1}{4}$ della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima pari a 40Hz;

Il riempimento della cassaforma deve avvenire per strati successivi di 75mm, ciascuno dei quali accuratamente compattati senza produrre segregazioni o comparsa di acqua sulla superficie.

Nel caso di compattazione manuale, ciascuno strato verrà assestato fino alla massima costipazione, avendo cura di martellare anche le superficie esterne del cassero.

Nel caso si impieghi il vibratore interno, l'ago non dovrà toccare lungo le pareti verticali e sul fondo della cassetta.

La superficie orizzontale del provino verrà spianata con un movimento a sega, procedendo dal centro verso i bordi esterni.

Su tale superficie verrà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla direzione dei lavori al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

- Identificazione del campione:
 - tipo di calcestruzzo;
 - numero di provini effettuati;
 - codice del prelievo;
 - metodo di compattazione adottato;
 - numero del documento di trasporto;
 - ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura...);
- Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
- Data e ora di confezionamento dei provini;
- La firma della D.L.. In caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali (es. Dighe), il verbale di prelievo dovrà riportare anche la firma dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Al termine del prelievo, i provini verranno posizionati al di sopra di una superficie orizzontale piana in una posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). In questo caso sarà opportuno coprire i provini con sistemi isolanti o materiali umidi. Trascorso questo tempo i provini dovranno essere consegnati presso il Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento dove, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ed umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'Impresa appaltatrice sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento. Inoltre, l'Impresa appaltatrice sarà responsabile del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo al Laboratorio Ufficiale unitamente ad una lettera ufficiale di richiesta prove firmata dalla Direzione Lavori.

Qualora per esigenze legate alla logistica di cantiere o ad una rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa si rende necessario prescrivere un valore della resistenza caratteristica a tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature diverse dai 20°C i controlli di accettazione verranno effettuati con le stesse modalità sopra descritte fatta eccezione per le modalità di conservazione dei provini che verranno mantenuti in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e temperature inferiori a quelle canoniche.

Resta inteso che in queste situazioni rimane sempre l'obbligo di confezionare e stagionare anche i provini per 28 giorni a 20°C e U.R. del 95% per valutare la rispondenza del valore caratteristico a quello prescritto in progetto.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al punto 11.2.5.3 del D.M. 17/01/2018.

6.8. CONTROLLI SUPPLEMENTARI DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

6.8.1. Carotaggi

Quando un controllo di accettazione dovesse risultare non soddisfatto e ogniqualvolta la D.L. lo ritiene opportuno la stessa può predisporre un controllo della resistenza del calcestruzzo in opera da valutarsi su carote estratte dalla struttura da indagare.

Le carote verranno estratte in modo da rispettare il vincolo sulla geometria di $(h/d)=1$ o 2 e non in un intervallo intermedio, in conformità con la norma prEN 13791.

6.8.2. Zona di prelievo

Le carote verranno eseguite in corrispondenza del manufatto in cui è stato posto in opera il conglomerato non rispondente ai controlli di accettazione o laddove la D.L. ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Dovranno essere rispettati i seguenti vincoli per il prelievo delle carote:

- non in prossimità degli spigoli;
- zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- evitare le parti sommitali dei getti;
- evitare i nodi strutturali;
- attendere un periodo di tempo, variabile in funzione delle temperature ambientali, tale da poter conseguire per il calcestruzzo in opera un grado di maturazione paragonabile a quello di un calcestruzzo maturato per 28 giorni alla temperatura di 20°C.

6.8.3. Prove di carico

L'appaltatore dovrà fornire ogni supporto utile all'esecuzione delle prove di carico rispettando fedelmente le procedure e le indicazioni fornitegli dal Direttore Lavori e dal Collaudatore. Allo scopo a suo carico e spese egli dovrà predisporre quanto necessario nel rispetto delle norme che attengono la sicurezza di uomini e cose oltre al rispetto dell'ambiente. Egli, infine, è tenuto ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi per sanare situazioni ritenute insoddisfacenti dalla direzione dei lavori, dal Collaudatore o dal progettista.

6.9. RICOSTRUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Ricostruzione del calcestruzzo mediante malta o betoncino tixotropico a ritiro controllato o a base di legante espansivo secondo le seguenti fasi e metodologie:

- rimozione totale del calcestruzzo degradato e privo di coerenza con il sottofondo mediante spicconatura, idropulitura e/o sabbiatura;
- previa spazzolatura e/o sabbiatura dei ferri d'armatura e integrazione attraverso la saldatura di monconi, sarà effettuato un trattamento mediante l'applicazione di due mani di un prodotto bicomponente a base cementizio-polimerica, quale inibitore di corrosione, senza alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate;
- ripristino del calcestruzzo mediante l'applicazione di malta premiscelata tixotropica, escluso l'onere delle casseforme.

7. OPERE DI DIFESA

7.1. TUBAZIONI, POZZETTI, CANALETTE, MANTELLATE, CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA, CORDONATURE

Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura e spese dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, prelevando da ogni partita un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla stessa Direzione Lavori.

La partita minima sottoposta a controllo è composta da:

- 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature;
- 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi.

Nel caso di partite con numero di elementi inferiori, i controlli saranno effettuati a discrezione della Direzione Lavori.

Le operazioni di prelievo e di prova saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore.

Qualora la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tassativamente si prescrive che ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati positivi delle prove.

7.1.1. Tubazioni

7.1.1.1. Generalità

Le tubazioni per esalazioni, scarichi di reti drenanti e/o di raccolta di acque meteoriche e di fognature saranno poste in opera:

- per scarichi verticali: incassate nelle murature o in vista ancorate alle strutture portanti mediante collari e/o staffe murate, saldate o imbullonate, compreso le opere murarie per l'apertura e chiusura di tracce, la realizzazione di eventuali fori per l'attraversamento di solai, l'inghisaggio di staffe, etc.;
- per scarichi sub-orizzontali:
 - sottopavimento: compreso le eventuali opere murarie per l'attraversamento di pareti o per incasso parziale nel solaio e per il raccordo allo scarico verticale;
 - interrate: la profondità di posa dei tubi dovrà essere almeno 0.80m riferita alla generatrice superiore, se non diversamente indicata in progetto, ed in ogni caso sarà stabilita in funzione dei carichi dovuti a circolazione, del pericolo di gelo e del diametro della tubazione.
Il tubo sarà steso su uno strato di materiale fino, di spessore non inferiore a 10cm e verrà poi rinfiancato e ricoperto con lo stesso materiale per uno spessore non inferiore a 15cm o rivestito in calcestruzzo, come da indicazioni di progetto.
Il riempimento successivo dello scavo potrà essere costituito da materiale di risulta dallo scavo stesso costipato per strati.

Le prove di tenuta dovranno essere effettuate prima della chiusura delle tracce o del rinterro.

7.1.1.2. Tubi di P.V.C. rigido

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato, con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, del tipo 303 serie pesante secondo norme UNI 7447/87. Verrà interrata in un cavo delle dimensioni previste in progetto sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento; qualora previsto in progetto verrà rinfiancata con conglomerato cementizio, del tipo di fondazione con classe non inferiore a C20/25.

Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

La Direzione Lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli, a cura e spese dell'Appaltatore, ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali inadeguati.

I tubi in PVC, per scarichi verticali o esalazioni dovranno essere rigidi di tipo 302, secondo norme UNI 7443/85, con giunzioni a bicchiere sigillate a collante.

7.1.1.3. Tubi di polietilene P.E.a.d

I tubi in polietilene ad alta densità P.E.a.d., per pressione massima di esercizio (PN) secondo le prescrizioni di progetto, opportunamente stabilizzati per resistere all'invecchiamento, dovranno avere caratteristiche conformi alle Norme UNI 7054, UNI 7613, UNI 7615, UNI 7616, per scarichi e

fognature, compresi raccordi e pezzi speciali e gli oneri della formazione dei giunti che potranno essere saldati, incollati, a serraggio meccanico o flangiati.

Tubi, raccordi e pezzi speciali dovranno essere contrassegnati con il marchio di conformità I.I.P. (Istituto Italiano Plastici) che ne garantisce la rispondenza alle norme UNI.

L'accatastamento dei tubi in P.E.a.d. deve essere effettuato in luogo riparato dai raggi solari su superfici che non presentino irregolarità tali da provocare deformazioni dei tubi nel tempo; l'accatastamento non deve superare l'altezza di 2.00m.

La profondità di posa dei tubi in P.E.a.d. dovrà essere almeno di 0.80m riferita alla generatrice superiore ed in ogni caso sarà stabilita dalla Direzione Lavori, in funzione dei carichi dovuti alla circolazione, del pericolo di gelo e del diametro della tubazione.

Il tubo sarà steso su uno strato di materiale fino, di spessore non inferiore a 10cm e verrà poi rinfiancato e ricoperto con lo stesso materiale, per uno spessore non inferiore a 15cm.

Il riempimento successivo dello scavo potrà essere costituito da materiale di risulta dello stesso scavo, costipato per strati.

Le prove di tenuta dovranno essere effettuate prima del rinterro.

Le giunzioni delle tubazioni in P.E.a.d. saranno eseguite secondo le modalità che seguono.

7.1.1.3.1 Giunzioni per saldatura

Dovranno essere sempre eseguite da personale qualificato, con apparecchiature idonee ed in ambiente atmosferico tranquillo.

7.1.1.3.2 Saldature testa a testa

Usate nelle giunzioni fra tubo e tubo e fra tubo e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso.

Prima di effettuare le operazioni inerenti alla saldatura, occorrerà fare in modo che tutte le generatrici del tubo siano alla medesima temperatura.

Per una perfetta saldatura il P.E.a.d. richiede:

- temperatura superficiale del termoelemento $200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$;
- tempo di riscaldamento variabile in relazione allo spessore;
- pressione in fase di riscaldamento, riferita alla superficie da saldare tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra.

7.1.1.3.3 Giunzioni elettrosaldabili

Eseguite riscaldando elettricamente il bicchiere in P.E.a.d. nel quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione il polietilene; tali giunzioni sono consigliabili quando si devono unire due estremità di tubo che non possano essere rimosse dalla loro posizione.

7.1.1.3.4 Giunzioni mediante serraggio meccanico

Possono essere utilizzate mediante i seguenti sistemi:

- giunti metallici. Esistono diversi tipi di giunti metallici a compressione i quali non effettuano il graffaggio del tubo sull'esterno (es. giunti GIBALTA) e quindi necessitano di una boccola interna. Nel caso che il graffaggio venga effettuato sull'esterno del tubo non è indispensabile tale boccola.
- raccordi di materia plastica. Sono usati vari tipi di raccordi a compressione di materia plastica, nei quali la giunzione viene effettuata con l'uso di un sistema di graffaggio sull'esterno del tubo.

7.1.1.3.5 Giunzioni per flangiatura

Per la flangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali si usano flange scorrevoli infilate su collari saldabili in P.E.a.d..

I collari, data la resistenza che devono esercitare, saranno prefabbricati dal fornitore dei tubi e saranno applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa.

Le flange saranno quindi collegate con bulloni o tiranti in acciaio inox di lunghezza appropriata.

A collegamento avvenuto flange e bulloni verranno convenientemente protetti contro la corrosione.

7.1.1.3.6 Collegamento fra tubi in P.E.a.d. e tubazioni di altro materiale

Il collegamento fra tubi in P.E.a.d. in pressione e raccordi, pezzi speciali ed accessori di altro materiale (grès, acciaio zincato, cemento, etc.) avviene generalmente o con una giunzione mediante serraggio meccanico a mezzo flange o con collari a saldare predisposti su tubo.

In questi casi, data la diversità di caratteristiche fra le tubazioni, il collegamento avverrà entro pozzetto di ispezione.

Nella realizzazione delle giunzioni dovrà essere garantita la perfetta tenuta non solo al momento della posa, ma anche con le massime sollecitazioni ipotizzabili (assestamenti, variazioni termiche, passaggio d'automezzi pesanti etc.).

7.1.1.4. Tubi in polietilene flessibili, in rotoli od in barre per il passaggio di cavi in genere

Dovranno essere corrugati all'esterno e lisci all'interno, provvisti di sondino tirafilo metallico; i diametri saranno quelli previsti in progetto.

Le caratteristiche tecniche degli elementi in rotolo, dovranno essere le seguenti:

- resistenza all'urto con temperatura fino a - 25°C: NFC 68-171;
- resistenza alla foratura con temperatura fino a - 10°C: NFC 68-171;
- resistenza allo schiacciamento inferiore al 10% del diametro per 750 N di carico esercitato per dieci minuti: NFC 68-171;
- la flessibilità dovrà consentire l'esecuzione di curve con raggio pari a 15 volte il diametro del tubo. I tubi saranno provvisti di manicotti di giunzione di appropriato diametro.

Gli elementi in barre, oltre ad avere le caratteristiche della tubazione in rotoli, dovranno rispettare le seguenti ulteriori caratteristiche:

- in assenza di giunto: esistenza alla sconnessione superiore a 50 N: NFC 68-171;
- in presenza di giunto a tenuta stagna:
 - resistenza alla pressione interna non inferiore a 5 MPa: NFC 68-171;
 - resistenza alla sconnessione non inferiore a 100 N: NFC 68-171.

Gli elementi di giunzione saranno a bicchiere, suriniattati, traslucidi ed al fine di garantire la tenuta stagna del giunto, saranno dotati di guarnizione.

Le tubazioni, sia in barre che in rotoli, prima del ripristino del materiale scavato, saranno coperte da uno strato di protezione in conglomerato cementizio di tipo III avente classe di resistenza non inferiore a 25 MPa per uno spessore minimo di 10cm.

Per il passaggio dei cavi dell'energia elettrica e/o telefonia, il tubo dovrà inoltre rispondere alle normative CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4, di colore blu (RAL 5002).

7.1.1.5. Tubi in c.a.v.

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza non inferiore a C20/25;
- spessore uniforme rapportato al diametro della tubazione;
- sezione perfettamente circolare e superfici interne lisce e prive di irregolarità;
- sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che dovrà essere sigillato in opera con malta di cemento.

Dovranno essere posti in opera su platea in conglomerato cementizio, eventualmente rinfiacati; il conglomerato per la platea ed i rinfiacchi sarà del tipo di fondazione avente classe di resistenza non inferiore a C20/25.

Tra tubazione e platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a 400daN/mc di cemento.

7.1.2. Pozzetti, chiusini, griglie

7.1.2.1. Pozzetti prefabbricati in c.a.v.

Il pozzetto prefabbricato in cemento armato vibrato ben stagionato, avente classe di resistenza non inferiore a C25/30, armatura in rete elettrosaldada in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati, spessore delle pareti non inferiore a 6.5cm, sarà posto in opera previa esecuzione di scavo in materia di qualsiasi natura e consistenza, su di una platea dello spessore di 15 cm in conglomerato cementizio avente classe di resistenza non inferiore a C15/20, completo di collegamento con le tubazioni in entrata ed uscita, della sifonatura con setto trasversale, degli anelli aggiuntivi per raggiungere le quote indicate in progetto e del chiusino attentato con caratteristiche come riportate successivamente.

7.1.2.2. Pozzetti in muratura

Il pozzetto sarà eseguito con pareti in muratura di mattoni pieni a due teste previa esecuzione dello scavo in materie di qualsiasi natura e consistenza, della platea di fondo dello spessore di 15cm in conglomerato cementizio avente classe di resistenza non inferiore a C15/20, completo di cordolo di coronamento dell'altezza di 12cm in cemento armato avente classe di resistenza non inferiore a C25/30 e dell'intonacatura interna con malta di cemento lisciata.

7.1.2.3. Chiusini e griglie

Completi di telaio, a chiusura battentata, saranno posti in opera su pozzetti e/o canalette o ancorati agli stessi.

Possono essere in:

- calcestruzzo avente classe di resistenza non inferiore a C25/30, armato con rete elettrosaldada di diametro e maglia adeguati; il telaio, nello stesso materiale, sarà allettato con malta cementizia;
- ghisa, di tipo carrabile; il telaio, nello stesso materiale, sarà ancorato al cordolo di sommità;

- manufatti in ferro profilato e/o lamiera in ferro striata, zincati a caldo o sabbiati e verniciati a tre mani con ciclo "D".

Saranno conformi alle norme UNI-EN 124 (Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature).

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo non dovrà essere inferiore a 600mm.

Tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante:

- la norma di riferimento;
- la classe corrispondente;
- la sigla e/o nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

7.1.3. Canalette

7.1.3.1. Embrici

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente classe di resistenza non inferiore a C20/25, in elementi di 50/40x50x20cm e spessore 5cm, secondo i disegni tipo di progetto.

Le canalette dovranno estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina al fosso di guardia.

Prima della posa in opera l'Appaltatore avrà cura di effettuare lo scavo di impostazione degli elementi di canaletta, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi.

L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio del diametro 24mm e lunghezza non inferiore a 80cm, infissi nel terreno per almeno 60cm, in modo che sporgano almeno 20cm. Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni tre elementi di canaletta per impedire il loro slittamento a valle.

In sommità la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione mediante apposito invito in conglomerato cementizio gettato in opera o prefabbricato. La sagomatura dell'invito dovrà essere tale che l'acqua non incontri ostacoli al regolare deflusso.

7.1.3.2. Canaletta carrabile

La canaletta carrabile per la raccolta delle acque superficiali in corrispondenza della carreggiata, di sezione interna 20x35cm, realizzata in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato avente classe di resistenza non inferiore a C25/30, con fondo, pareti e copertura dello spessore di 10cm; la copertura munita di feritoie longitudinali di larghezza 5cm; il tutto come da disegno di progetto.

Si procederà preliminarmente alla demolizione della sovrastruttura, allo scavo, alla realizzazione della platea di fondazione in conglomerato cementizio di tipo III avente classe di resistenza non inferiore a C20/25 e spessore di 10cm, alla sigillatura dei giunti con malta reoplastica premiscelata antiritiro.

La copertura dovrà essere conforme a quanto riportato precedentemente.

7.1.3.3. Canalette prefabbricate con griglie in ghisa

Canaletta prefabbricata di poliestere, di dimensioni interne non inferiore a 20cm di larghezza e 10cm di altezza, con superficie interna liscia, resistente agli oli ed ai grassi, completa di griglia a fessure in ghisa, con classe C250, fissata alla canaletta mediante viti e barrette.

Data in opera completa di:

- platea in conglomerato cementizio avente classe di resistenza non inferiore a C15/20, di spessore non inferiore a 10cm;
- rinfiando di almeno 20cm di spessore, opportunamente vibrato, in conglomerato cementizio avente classe di resistenza non inferiore a C15/20;
- testate di chiusura;
- raccordo alla rete di smaltimento acque.

7.1.4. Rivestimento per cunette e fossi di guardia

7.1.4.1. Elementi prefabbricati in c.a.v.

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente classe di resistenza non inferiore a C25/30, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo B450C, in fili del diametro di 6mm e del peso non inferiore a 3.00daN/mq.

Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale od a L, secondo i disegni tipo di progetto; lo spessore dovrà essere non inferiore a 7cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza piolla; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500kg/mc di cemento.

Posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura.

7.1.4.2. In conglomerato cementizio gettato in opera.

Il conglomerato cementizio gettato in opera dovrà essere di classe di resistenza non inferiore a C25/30, con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa; la lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

7.1.4.3. In muratura di pietrame.

La muratura di pietrame e malta dovrà essere dosata a 350kg/mc di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti.

Il rivestimento dello spessore indicato in progetto sarà eseguito previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa e predisposizione sullo scavo della malta di allettamento.

7.1.5. Cordonature

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente classe di resistenza non inferiore a C25/30, in elementi di lunghezza 1.00m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto.

Gli elementi non dovranno presentare imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature e dovranno avere superfici in vista regolari e ben rifinite.

Verranno posti in opera su platea in conglomerato cementizio del tipo di fondazione avente classe di resistenza non inferiore a C20/25, interponendo uno strato di malta dosata a 400Kg/mc di cemento che verrà utilizzata anche per la stuccatura degli elementi di cordonatura.

7.2. OPERE DI SOSTEGNO

Potranno essere realizzati in muratura, in calcestruzzo semplice e/o armato, in gabbioni di pietrame o in elementi prefabbricati.

Il comportamento dell'opera di sostegno, intesa come complesso strutture-terreno, deve essere esaminato tenendo conto della successione e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e di eventuali materiali di riporto, interessati dall'opera, dalla falda idrica, dai manufatti circostanti, dalle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'opera, dei drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, nonché delle modalità di esecuzione dell'opera e dell'eventuale rinterro, così come indicato dalle vigenti disposizioni di legge.

7.2.1. Muri in muratura

Verranno realizzati mediante l'impiego di muratura di pietrame a secco e/o di pietrame e malta.

Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda all'art. di riferimento del presente Capitolato.

7.2.2. Muri in calcestruzzo

Potranno essere realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato.

Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda all'articolo di riferimento del presente Capitolato.

7.2.3. Muri in gabbioni

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni componenti saranno saldamente collegati tra loro mediante legature sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità.

Le caratteristiche dei gabbioni nonché la loro esecuzione si atterranno a quanto prescritto nel presente Capitolato ed alle indicazioni specifiche, compatibilmente a quelle delle maglie onde ottenere una densità quanto più possibile uniforme. Lo spessore dei singoli elementi si manterrà intorno a 1.00m, e detti elementi si disporranno con il lato più lungo parallelo alla sezione verticale del muro.

I muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori ai 3.00m non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6° oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori ai 5.00-6.00m si consiglia una gradonatura verso valle.

Per contrastare la deformabilità comunque elevata dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti, il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; sarà evitata per motivi statici la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna, adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

7.2.4. Opere di sostegno in terra rinforzata

Potranno essere realizzate mediante l'impiego delle seguenti tipologie di armature:

- in acciaio laminato;

- geotessile, geogriglie, etc.

Per quanto riguarda la prima tipologia di rinforzi, questi dovranno essere costituiti da costituiti da un rilevato armato con armature lineari ad alta aderenza in acciaio laminato del tipo Fe 510, di sezione 40x5mm o equivalente, zincato a caldo in ragione di 5gr/dmq e spessore medio 0.07mm e da un paramento verticale in pannelli prefabbricati di c.a.v., avente classe di resistenza non inferiore a C25/30 ed armatura in barre in acciaio B450C.

Il collegamento tra i pannelli e le armature del terrapieno è realizzato con attacchi in acciaio zincato a caldo annegati nel getto dei pannelli e vincolati ai ferri d'armatura del conglomerato cementizio.

I pannelli di paramento, sagomati e disposti come da progetto, alterneranno nelle file di base e di sommità elementi interi con elementi speciali costituiti da semipannelli; in corrispondenza di spigoli e di coronamento suborizzontali dovranno essere impiegati pannelli speciali in misure fuori standard.

I giunti tra i pannelli devono essere attrezzati per permettere un assestamento flessibile in quelli orizzontali ed il passaggio dell'acqua con trattenuta dei materiali fini in quelli verticali.

I giunti orizzontali saranno costituiti pertanto da strati dello spessore di almeno 2cm di sughero pressato trattato con resine epossidiche.

Quelli verticali da strisce di schiuma di poliuretano a cellule aperte di sezione 4x4cm.

I pilastri d'angolo e le lastre coprigiunto, in elementi prefabbricati di c.a.v., dovranno avere le stesse caratteristiche dei pannelli e dovranno comprendere i pezzi speciali, gli attacchi e quant'altro necessario.

In aderenza al paramento interno delle lastre dovrà essere fornito e posto in opera in più riprese un rivestimento costituito da un telo in geotessile non tessuto in polipropilene del peso di 350gr/mq.

Il coronamento in sommità dei pannelli costituenti il paramento verticale sarà realizzato in cemento armato secondo le previsioni di progetto.

Nella formazione del rilevato costituente il terrapieno armato dovranno essere applicate le norme e prescrizioni del presente Capitolato.

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura alla selezione dei materiali costituenti il rilevato, dovrà effettuare il costipamento in spessori ridotti per la presenza delle armature e con particolari cautele a ridosso del paramento esterno.

7.2.4.1. Strutture di sostegno a scomparti cellulari

Costituite da elementi in c.a.v. prefabbricati, atti a formare, mediante sovrapposizione alternata ortogonale, scomparti cellulari da riempire con materiale lapideo sciolto di fiume, di cava o di frantoio, di idonea pezzatura, contenente una percentuale di fino (limo o argilla) variabile dal 10÷15% ed avente peso specifico non inferiore a 19kN/mc.

Gli elementi prefabbricati in c.a.v., di sagomatura come da progetto, dovranno avere una classe di resistenza non inferiore a C28/35 ed armatura in barre di acciaio B450C.

La configurazione delle pareti longitudinali potrà essere verticale o a scarpa, a seconda delle indicazioni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. dovranno essere tali da inibire la fuoriuscita del materiale di riempimento; in particolare tutti gli elementi longitudinali formanti il paramento in vista dovranno essere sagomati in modo da presentare verso l'esterno una vaschetta che dovrà essere riempita con terreno agrario ed impiantata con piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti, in ragione di quattro piantine per metro di vaschetta.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, che dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, la fondazione dovrà essere eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

Durante la realizzazione del muro si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per allontanare l'acqua eventualmente presente, in modo da poter eseguire le lavorazioni di posa in opera degli elementi prefabbricati e del terreno agrario all'interno delle vaschette in assenza di acqua.

7.2.4.2. Strutture di contenimento in elementi scatolari

Costituite da elementi scatolari in c.a.v. prefabbricati, disposti su file perfettamente orizzontali, tra loro intervallati in modo che le pareti degli elementi delle file sottostanti costituiscano appoggio per le pareti degli elementi delle file sovrapposte.

L'arretramento di ciascuna fila rispetto a quella sottostante determinerà un paramento in vista inclinato di circa 70° rispetto all'orizzontale.

Ad avvenuto completamente di ciascuna fila, la struttura risultante dovrà essere riempita fino al contatto con la retrostante parete con un misto di cava od altro materiale, permeabile e sciolto, di idonea pezzatura, compattato a fondo all'interno e tra gli elementi, fino all'incontro con la parete a tergo della struttura.

Per il riempimento degli ultimi 20cm delle superfici che restano in vista dovrà essere impiegato terreno vegetale così da agevolare l'attecchimento della vegetazione.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. e le modalità esecutive della struttura dovranno essere comunque tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

Gli elementi scatolari ed i relativi pezzi speciali in c.a.v., di forma, dimensioni e finitura come da progetto, dovranno avere una classe di resistenza non inferiore a C25/30, ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di acciaio del tipo B450C in ragione di 55kg di acciaio per metro cubo di conglomerato cementizio.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, dimensionata come da progetto e dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, sarà eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

La struttura dovrà essere completata con gli elementi speciali di chiusura laterale e di chiusura di coronamento; in corrispondenza di ciascun elemento scatolare dovranno essere impiantate almeno tre piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti; dovrà essere sistemato il terreno a monte del coronamento della struttura.

7.3. SPECIFICHE DI CONTROLLO

7.3.1.

7.3.1. Opere di sostegno

Le strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati dovranno essere realizzate secondo gli elaborati esecutivi di progetto, redatti nel rispetto delle norme attualmente vigenti.

Nella realizzazione dei componenti in conglomerato cementizio vibrato semplice od armato, normale o precompresso, nonché per gli acciai di armatura dovranno essere rispettate le prescrizioni del presente Capitolato. I geotessili dovranno rispondere alle caratteristiche degli specifici punti del presente Capitolato.

Per tutte le strutture di sostegno e contenimento di cui al presente punto, gli oneri di brevetto nonché quelli relativi ai calcoli di progetto dei muri prefabbricati sono a carico dell'Appaltatore.

Quando previsto in progetto, i muri avranno paramento a faccia vista realizzato con lastre in pietra, dello spessore non inferiore a 5cm, disposte secondo le indicazioni di progetto ed inglobate nel getto.

Relativamente agli scavi di fondazione, l'Appaltatore dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'Appaltatore.

7.3.1.1. Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 10%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea di base in conglomerato cementizio armato, gettata in opera.

I muri di altezza superiore a 5.00m dovranno avere le costolature collegate con la platea di base mediante tiranti prefabbricati in c.a.v.; la cerniera tra tirante e costolatura del pannello dovrà essere sigillata con malta reoplastica premiscelata a ritiro compensato.

I pannelli dovranno avere lo spessore ai bordi non inferiore a 10cm e dovranno presentare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati. Difetti di planarità, verificati con un regolo della lunghezza di 4.00m, superiori a 5mm comporteranno automaticamente il rifiuto del pannello che l'Appaltatore dovrà allontanare dal cantiere a sua cura e spese.

Al piede dei pannelli dovrà essere realizzato un bordino di rifinitura in malta cementizia.

Nei giunti verticali fra i pannelli dovranno essere inseriti profilati in PVC di idonea sagomatura, atti a trattenere materiali di granulometria superiore a 0.5mm ed aventi superfici dei fori e/o fessure non inferiore a 50cm per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

Il conglomerato cementizio dei pannelli e dei tiranti prefabbricati dovrà avere una classe di resistenza non inferiore a C28/35; quello per la platea gettato in opera dovrà avere una classe di resistenza non inferiore a C25/30; l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo B450C.

Particolari cautele dovranno essere adottate nel compattamento del rilevato a ridosso dei pannelli facendo eventualmente ricorso anche a pestelli pneumatici per non danneggiare le strutture.

Relativamente agli scavi, l'Appaltatore dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a sua cura e spese.

7.3.1.2. Muri di sostegno in pannelli di c.a.p.

Costituiti da pannelli in c.a.p. prefabbricati, posti in opera in posizione verticale entro fondazione in c.a.; per muri di altezza superiore a 3.00m, i pannelli vengono ancorati al rilevato retrostante mediante geotessili tessuti in polipropilene rinforzato con cavetti in acciaio.

I pannelli dovranno essere monolitici a tutta altezza, di larghezza standard 2.40m, con superficie in vista concava a profilo circolare e spessore variabile dai 26cm ai bordi e 16cm in mezzeria, rifinita mediante getto su matrici in gomma.

I bordi laterali dei pannelli, finiti come da progetto, dovranno essere rinforzati con inserti metallici in acciaio zincato, sagomati in modo da costituire giunto a maschio e femmina che garantisca complanarità al paramento del muro.

In corrispondenza di ciascun giunto dovrà essere creato un drenaggio verticale protetto da geodreno di dimensioni minime 10x1.50cm, con scarico verso l'esterno al piede.

I geotessili di ancoraggio, che hanno una estremità annegata nel getto dei pannelli e sono posizionati nel numero ed alle quote previste in progetto, vengono stesi ed inglobati nei rilevati mano a mano che procede la loro formazione.

Particolare cura dovrà essere posta nel costipamento del rilevato al di sopra dei geotessili di ancoraggio in modo da poter garantire un'adeguata efficacia degli stessi ancoraggi.

Il conglomerato cementizio dei pannelli dovrà avere una classe di resistenza non inferiore a C35/45; l'acciaio per l'armatura lenta dovrà essere del tipo B450C; i trefoli di precompressione dovranno essere formati con fili aventi $f_p(1)k$ non inferiore a 1.670 MPa e f_{ptk} non inferiore a 1.865 MPa.

7.3.1.3. Muri di controripa in pannelli di c.a.v.

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 15%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

La platea gettata in opera, nel caso dei muri di controripa, è posta in posizione rialzata rispetto alla base dei pannelli per cui in questo tipo di muri, rispetto a quelli di sostegno, non vi sono tiranti di collegamento tra pannelli e platea.

Per quanto riferentesi a caratteristiche dei pannelli, bordino al piede, giunti tra i pannelli, classe dei conglomerati cementizi, tipo dell'acciaio di armatura, cautele esecutive, si richiama integralmente il contenuto del precedente punto, ribadendo, in particolare, che eventuali eccedenze di scavo dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'Appaltatore.

7.3.1.4. Muri di sostegno in muratura

Per quanto riguarda le opere di sostegno in muratura di pietrame, si dovrà verificare che il materiale impiegato soddisfi i requisiti riportati all'articolo di riferimento del presente Capitolato.

7.3.1.5. Muri di sostegno in c.a.

Per quanto riguarda i calcestruzzi e gli acciai di armatura valgono le prescrizioni riportate all'articolo di riferimento del presente Capitolato.

7.3.1.6. Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. , c.a.p.)

Per l'accettazione ed i controlli di qualità di questi manufatti, era in particolare di quelli prodotti in serie, valgono le prescrizioni delle Norme Tecniche emanate in applicazione del D.M. 17/01/18.

La Direzione Lavori potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura da realizzare con tali manufatti, avuto particolare riguardo alla durata nel tempo, alla efficienza dei collegamenti, agli effetti dei fenomeni di ritiro e viscosità e dei carichi alternati o ripetuti.

Sui manufatti saranno effettuati controlli, a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, sulla resistenza del calcestruzzo applicando quando di pertinenza dell'articolo di riferimento del presente Capitolato.

7.3.1.7. Muri di sostegno terra rinforzata

Per quanto riguarda questa tipologia di opere, si richiede che i materiali impiegati e le loro modalità di posa in opera, soddisfino i requisiti indicati all'articolo di riferimento del presente Capitolato.

8. MURATURE

I tipi e gli spessori delle murature sono quelli indicati in progetto.

Prima di dare inizio alla esecuzione delle murature dovrà essere richiesto il benestare della Direzione Lavori sulla idoneità del piano di appoggio.

Murature nelle quali dovesse riscontrarsi l'impiego di materiali scadenti o difetti di esecuzione saranno rifiutate, restando a carico dell'Appaltatore l'onere per la demolizione e il successivo rifacimento.

Dovranno essere lasciati i necessari fori, tracce, incavi, canalizzazioni per il passaggio e l'installazione di canalizzazioni di qualsiasi diametro e materiale, per gli ancoraggi di strutture, per i rivestimenti e per quant'altro venga posto in opera dopo l'esecuzione delle murature.

Quanto sopra allo scopo di evitare lo scalpellamento o la demolizione anche parziale della muratura, il cui onere in ogni caso deve ritenersi a totale carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà adottare i provvedimenti ritenuti più opportuni per proteggere le murature dal gelo nel periodo invernale.

Le dosature dei materiali componenti le malte dovranno essere eseguite con mezzi capaci di esatta misurazione che l'Appaltatore dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

L'impasto dei materiali dovrà essere ottenuto con idonei mescolatori meccanici.

Gli impasti dovranno essere preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato.

I residui impasti che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego, dovranno essere portati a rifiuto.

8.1. MURATURE IN PIETRAMA A SECCO

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma il più possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda.

Le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20cm di lato e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle commessure verticali.

Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo.

La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso.

Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.

A richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

8.2. MURATURE DI PIETRAMA E MALTA

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiori a 25cm in senso orizzontale, 20cm in senso verticale e 30cm di profondità.

Per i muri di spessore 40cm si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera dovranno essere diligentemente pulite e ove occorra, a giudizio della Direzione Lavori, lavate.

Nella costruzione della muratura le pietre dovranno essere battute col martello e rinzepate diligentemente con scaglie e con abbondante malta così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio.

La malta avrà classe di resistenza non inferiore a C25/30 e sarà dosata con minimo 350kg di cemento normale (32.5 o 32.5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento non superiore a 0.5 che l'Appaltatore dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di specifiche prescrizioni (ad esempio, interventi in zone soggette a tutela paesaggistica) si adotteranno malte di calce idraulica anziché cementizia.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 5°C, l'Appaltatore farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7105 e 7109, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Nel paramento ad opera incerta, il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana.

Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate col martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 8 cm.

Nel paramento a mosaico greggio, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

La muratura a corsi regolari dovrà progredire a strati orizzontali da 20 a 30cm di altezza con pietre disposte in modo da evitare la corrispondenza delle commessure verticali fra due corsi immediatamente sovrastanti. In tutte le specie di paramento, la sigillatura dei giunti dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle della malta e delle materie estranee, lavandole a grande acqua e riempiendo poi le commessure stesse con nuova malta, curando che questa penetri bene comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei corsi sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Nelle facce viste verranno impiegate pietre lavorate secondo il tipo di paramento prescritto e nelle facce contro terra verranno impiegate pietre sufficientemente piane e rabboccate con malta in modo da evitare cavità.

Nelle murature contro terra verranno lasciate apposite feritoie secondo le prescrizioni della D.L.

9. CONSOLIDAMENTO MURATURE

9.1. OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO APPARECCHI MURARI

9.1.1. Generalità

Le procedure di consolidamento, per quanto possibile, dovranno essere giudicate compatibili dalla D.L. e dagli organi competenti per la tutela del bene (in caso di beni tutelati), inoltre dovranno essere riconoscibili e distinguibili dai manufatti originari ed eseguite in modo da garantire una loro, eventuale, reversibilità.

Le procedure che seguiranno daranno le indicazioni, ed i criteri generali, circa le metodologie d'intervento per i consolidamenti statici, mossi dal fine sia di aumentare le caratteristiche di resistenza dei setti murari, sia di ridurre eventuali tensioni indotte nei materiali da forze esterne. Dovrà essere, in ogni caso, interessamento della D.L. fornire, a completamente o a miglior spiegazione di quanto prescritto, delle idonee tavole di progetto munite d'ulteriori e/o diverse indicazioni. Il rilievo del quadro fessurativo costituirà il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di risanamento statico: il rilievo e il controllo delle lesioni dovranno essere eseguiti con appropriati strumenti al fine di verificare con esattezza se il dissesto sia in progressione accelerata, ritardata o uniforme, oppure se sia in fase di fermo, in una nuova condizione di equilibrio. Nel caso d'avanzamento accelerato del dissesto si potrà rivelare utile un intervento di emergenza attraverso idonei presidi provvisori, in conformità alle disposizioni della D.L. Nel caso, invece, di arresto e di una nuova conformazione di equilibrio sarà doveroso controllare il grado di sicurezza dello stato di fatto, per operare in conformità della prassi prescritta negli elaborati di progetto; vale a dire protocolli indirizzati a stabilizzare la fabbrica nell'assetto raggiunto, o integrare gli elementi strutturali con consolidamenti locali o generali al fine di preservare, con un conveniente margine, la sicurezza di esercizio. Gli interventi di consolidamento dovranno essere realizzati in quelle porzioni dell'apparecchio murario affette da dissesto (lesione isolata o quadro fessurativo complesso) o caratterizzate da fenomeni d'indebolimento locale quali, ad esempio la presenza di canne fumarie o intercapedini di qualsiasi genere, carenze di ammorsature ai nodi, ecc.

In linea generale gli interventi strutturali sulle pareti murarie, ove sarà possibile, dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe a quelle dei materiali in opera, o quantomeno il più compatibile possibile.

9.1.2. Opere di presidio (puntelli, centinature e armature provvisionali)

La procedura di consolidamento provvisoria (puntellamento) dovrà, necessariamente, garantire condizioni provvisorie di sicurezza nei manufatti dissestati (ovvero ridotti allo stato di rudere) sia durante l'esecuzione delle indagini preliminari necessarie per redigere il progetto di consolidamento che durante le eventuali successive procedure di consolidamento definitivo. I suddetti lavori di puntellamento dovranno, altresì, assolvere il duplice requisito di efficacia ed economia.

Le opere di presidio saranno eseguite, se non diversamente specificato dalla D.L., o in legname (di norma legname tondo per armature in ragione della sua facile lavorabilità, della sua notevole resistenza e del suo basso peso specifico) o in pali di ferro (tubi "innocenti" uniti con giunti bullonati da preferire al legno qualora la struttura da presidiare sia molto alta rispetto al piano sul quale è previsto il trasferimento dei carichi; il sistema tubo-giunto, inoltre, presentando uno schema strutturale molto chiaro, faciliterà il calcolo della struttura) più raramente in muratura o in c.a.

Gli elementi verranno messi a contrasto con l'organismo murario da presidiare, cercando di evitare la formazione di punti singolari di forza, mediante una diffusione del carico della muratura o ad un'altra struttura muraria in migliori condizioni statiche, oppure all'esterno della struttura muraria sul terreno limitrofo. Nel primo caso si renderà necessario rafforzare le porzioni circostanti e sottostanti la zona puntellata (ad es. puntellando anche i vani sottostanti fino a quello cantinato ovvero murando i vani sottostanti a quello presidiato) così da evitare che il trasferimento dei carichi su una muratura, che potrebbe essere di per sé già non in perfette condizioni statiche, provochi in questa dissesti con eventuali ripercussioni a catena.

La struttura di contrasto a diretto contatto con l'apparecchio murario da sostenere con il puntellamento dovrà essere costituita, se non diversamente specificato dalla D.L., da un tavolato ligneo (se non diversamente specificato, di spessore 30-40 mm) in ragione della migliore adattabilità che questo materiale presenta ad una qualsiasi superficie; qualora la superficie da presidiare fosse particolarmente delicata ovvero decorata con pittura ad affresco o con altra tecnica pittorica o presentasse superfici a mosaico sarà necessario anteporre al tavolato ligneo uno "spessore" di materiale soffice, quale ad esempio gommapiuma od altro materiale ritenuto idoneo dalla D.L.

I puntelli che svolgeranno un'azione di sostegno (per "resistere" a carichi verticali o spostamenti verticali che la struttura subisce a causa del dissesto come ad es. cedimenti di fondazione, rotture di architravi ecc.) di strutture orizzontali (solai, davanzali, travature ecc.) saranno costituiti da ritti verticali (candele capaci di reagire, senza deformarsi, a sforzi normali) posti a contrasto con la struttura e da traversi che contrastino, a loro volta, l'eventuale slittamento dei ritti; in alternativa ai puntelli lignei potranno essere utilizzati anche elementi metallici a "T", ovvero i cosiddetti ritti di cantiere ("cristi") normalmente impiegati per sostenere la messa in opera di orizzontamenti piani. I puntelli di sostegno potranno anche essere costituiti da aste inclinate (ad es. per la messa in opera di fascio radiale per contrastare, in posizione di sostegno, i cedimenti e le deformazioni di volte e di archi) la cui inclinazione sarà variabile in ragione alla disponibilità di spazio, all'altezza, alla massa della parete ovvero dell'elemento da sostenere e allo sforzo cui sarà sottoposto. Prima di predisporre questo particolare presidio provvisorio si renderà indispensabile accertare la sola verticalità delle azioni deformative in quanto una puntellatura di solo sostegno, in presenza di moti traslatori di natura diversa, potrebbe arrecare essa stessa danni ulteriori alle strutture.

Nel caso in cui le strutture di presidio dovessero assolvere l'azione di sostegno di strutture verticali (per fronteggiare movimenti di traslazione orizzontale, in presenza o meno di rotazione quali, ad esempio, ribaltamento di pareti) potranno essere costituite da aste inclinate a testa semplicemente aderente; al fine di evitare lo scorrimento del puntello sull'apparecchio murario sarà necessario che l'angolo d'inclinazione dell'asta non sia maggiore dell'angolo d'attrito tra la muratura e la stessa asta. Allorché la testa del puntello sia posta molto in alto, il puntello dovrà necessariamente diventare una struttura reticolare (in questo caso sarà preferibile utilizzare un sistema tubo-giunto in luogo di puntelli lignei), così da limitare la lunghezza libera di inflessione degli elementi che lo compongono. Al fine di evitare rischi che potrebbero arrecare danni alla stabilità ed alla integrità degli edifici limitrofi dovrà essere, dove possibile, evitata la messa in opera di dispositivi orizzontali ed inclinati a contrasto con manufatti prospicienti.

Nel caso in cui il puntello sia tenuto a impedire lo spanciamento di una parete sarà necessario che esso venga posto in modo che il suo asse incontri la spinta in mezz'aria del maschio murario, così da eludere effetti flessionali sul maschio stesso. In questa specifica situazione il puntello sarà soggetto ad un carico uguale alla componente orizzontale della spinta.

Qualora le opere di presidio dovessero svolgere la doppia funzione di sostegno e sostegno (per contrastare stati in cui ai carichi verticali si uniscono spinte di archi e volte che tendono al ribaltamento del muro) sarà necessario predisporre puntelli con disposizione inclinata e con innesti tesi a contrastare sia movimenti di traslazione verticale sia di rotazione.

I puntelli semplici e doppi potranno essere impiegati singolarmente, in coppia ovvero in gruppo connessi con elementi trasversali e di controventatura, così da presidiare porzioni di manufatti anche molto ampie.

In linea generale i puntelli dovranno soddisfare le seguenti condizioni:

- alleviare la struttura di parte del carico; questa quota di carico potrà, in caso di emergenza, essere stimata con semplici considerazioni intuitive che normalmente dovranno tener conto della natura, della gravità e dell'estensione del dissesto, nonché del rapporto tra pieni e vuoti della muratura sovrastante e sottostante il punto di azione del puntello;
- essere rigidamente vincolati alle strutture da presidiare con l'estremità (testa) e con l'altro estremo (piede) ad una base di appoggio (interna od esterna alla struttura) capace di ricevere l'azione assiale del puntello senza deformarsi. Al fine di assolvere la suddetta condizione occorre predisporre per la testa dei cunei lignei (biette) di essenze dure, al fine di mettere in forza i puntelli, mentre per il piede si predisporrà una adeguata piastra di distribuzione (fondazione) così da evitare che un eventuale cedimento del terreno provochi la perdita di contrasto da parte del puntello; la base, che dovrà risultare normale ai puntelli, potrà essere costituita da travi o assiti lignei (2 o più, spessore minimo di ogni tavola 30-40 mm) normali tra loro, il puntello sarà vincolato al tavolato mediante gattello ligneo con chiodatura alla "traditoria" ovvero con picchetto ligneo incastrato nel terreno e legato con fasciatura metallica. Nel caso in cui i puntelli scarichino direttamente su terreni incoerenti o molto irregolari in superficie, sarà preferibile predisporre una fondazione in muratura o in c.a.;
- essere stabili sia alla compressione che alla pressoflessione;
- essere costituiti da materiale avente caratteristiche termiche ed igrometriche analoghe a quelle delle strutture da presidiare così da non vanificare la validità del puntellamento ovvero arrecare degrado alle parti da restaurare.

I sistemi di puntellamento delle strutture voltate o arcuate (centinature provvisorie) varieranno secondo il tipo di struttura e di dissesto, di norma si seguiranno i seguenti criteri:

- a) per le volte a botte le centinature dovranno essere disposte su piani paralleli e perpendicolari alle loro generatrici;
- b) per le volte a padiglione si disporranno due centine principali lungo gli spigoli e le altre su diversi piani verticali passanti per la chiave della volta e diretti perpendicolarmente ai lati del perimetro di base;
- c) per le volte a crociera si dovrà predisporre l'armatura su ciascuna delle volte a botte da cui origina; si metteranno in opera quattro centine perimetrali unite da due centine diagonali, disposte secondo gli spigoli risultanti dall'intersezione delle due botti;
- d) per le volte a vela si disporranno quattro centine perimetrali al fine di sostenere gli archi di imposta, ad esse si uniranno altre centine centrali, di norma disposte radialmente a sostenere l'intradosso della volta;
- e) per le cupole le centine prenderanno di norma la forma di ampie incastellature, controventate in diverse direzioni e sorrette da numerosi candele e puntelli.

In linea generale non si dovrà puntellare mai la chiave se cede una spalla così come mai i reni se si prevede di rimuovere i rinfianchi.

Specifiche sui campi di applicazione

Le opere di presidio potranno essere messe in opera, a seconda delle esigenze, per demolizioni totali o parziali, per rimozioni, per consolidamenti in opera, nonché per eludere crolli improvvisi ovvero messa in sicurezza di masse murarie (solai, davanzali, volte, portali) o di terreno, per ritenimento di murature soggette a movimenti deformanti ed infine per assicurare l'integrità fisica degli addetti.

Avvertenze

Nel caso non ci siano le condizioni per affrontare una progettazione accurata del sistema di puntellamento sarà necessario demandare alla prassi esecutiva corrente la messa in opera del puntellamento provvisorio, in questo caso dovrà essere obbligatorio far svolgere i lavori di presidio sotto il continuo controllo da parte del Tecnico incaricato del consolidamento definitivo.

Non di rado le opere di presidio saranno lasciate in opera per molto tempo, per tale motivo si renderà necessario predisporre adeguate protezioni al fine di evitare che le armature ovvero i puntelli possano deteriorarsi e/o perdere la loro efficacia e di conseguenza diventare essi stessi causa di nuovi dissesti per le strutture. Le opere di presidio dovranno, altresì, essere in grado di non trasmettere improprie sollecitazioni sia al manufatto oggetto di intervento sia a quelli limitrofi. Particolare attenzione dovrà, infine, essere fatta nella fase di rimozione delle armature di sostegno le quali dovranno essere "munite" di idonei dispositivi (ad es. cunei lignei) che, se in precedenza sono stati utili al fine di posizionare e controllare la messa in opera delle stesse, si rileveranno altresì utili per agevolare le operazioni di disarmo.

Specifiche

Per ulteriori dettagli su armature e sbatracchiature si rimanda a quanto enunciato nell'articolo inerente le armature degli scavi.

9.1.3. Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)

L'operazione di scuci e cucì 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. 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 ritiro avvenuto, 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 indicato dagli elaborati di progetto, l'intervento di scuci e cuci potrà essere denunciato così da tutelare la stratigrafia stessa dell'edificio, realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarietà delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

Specifiche

La tecnica dello scuci e cuci non risulterà particolarmente idonea, nonché di difficile esecuzione, per le murature incoerenti (ad esempio strutture murarie in scaglie di pietra irregolare), murature costituite da elementi di elevate dimensioni e murature a sacco.

9.1.4. Consolidamento di murature mediante iniezione di miscela leganti

L'intervento sarà da attuarsi allorché l'apparecchio murario, sottomesso per lungo tempo a dilavamento o percolazione di acque meteoriche, o per la particolare tipologia costruttiva (ad es. a sacco), si presenti con cavità interne. L'apparecchio murario dovrà, quindi, essere sufficientemente iniettabile, ovvero dovrà presentare una struttura con una appropriata continuità tra i vuoti e, allo stesso tempo, il legante idraulico dovrà essere pensato in modo da assicurare un'idonea penetrabilità ossia una fluidità atta a rispettare i tempi di esecuzione richiesti. La procedura operativa conterà delle seguenti fasi esecutive.

Preparazione del supporto

Stuccatura e/o sigillatura, su entrambe le facce della muratura, di tutte le fessure, sconessioni, piccole fratture dei conci di pietra e/o laterizio e dei giunti di malta, così da avere un apparecchio murario "perfettamente chiuso", capace di ovviare l'eventuale trasudamento esterno delle malte da iniettare: qualora si operasse su murature intonacate sarà necessario accertare l'idoneità del rivestimento per l'esecuzione delle successive fasi.

Esecuzione dei fori

I fori, di diametro opportuno (mediamente sarà sufficiente un diametro di 16-24 mm), saranno eseguiti mediante strumento a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Negli apparecchi murari in pietrame, i fori dovranno essere, se non diversamente prescritto, perpendicolari alle superfici ma con leggera pendenza (circa il 10%) a scendere verso l'interno, così da facilitare l'introduzione della miscela, eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta ad una distanza di circa 60-80 cm in ragione della consistenza del muro; nelle murature in laterizi pieni la distanza tra i fori non dovrà superare i 50 cm. In ogni caso si raggiungeranno risultati migliori con un numero elevato di fori di piccole dimensioni piuttosto che con un numero modesto di grosso diametro. Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando l'effettiva sovrapposizione e comunicazione, delle aree iniettate (disposizione a quinconce), tramite l'utilizzo di appositi tubicini "testimone" dai quali potrà fuoriuscire l'esuberato di miscela iniettata. I tubicini (con un diametro di circa 20 mm) verranno introdotti per almeno 10-12 cm e, in seguito, sigillati con la stessa malta di iniezione

a consistenza più densa (diminuendo cioè il quantitativo d'acqua nell'impasto). Durante questa operazione sarà necessario evitare che le eventuali sbavature vadano a degradare in modo irreversibile l'integrità degli strati di rivestimento limitrofi; nel caso di fuoriuscite di colature queste dovranno essere celermente pulite mediante spugnette assorbenti (tipo Blitz-fix) imbevute di acqua deionizzata. Al fine di garantire una corretta diffusione della miscela, sarà consigliabile praticare dei fori profondi almeno quanto la metà dello spessore dei muri.

In presenza di spessori inferiori ai 60-70 cm le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; oltre i 70 cm sarà necessario operare su entrambe le facce; nel caso in cui lo spessore risulti ancora maggiore, o ci si trovi nell'impossibilità di iniettare su entrambe le facce, si dovrà perforare la muratura da un solo lato per una profondità del foro tra i 2/3 e i 3/4 dello spessore del muro e mai di valore inferiore ai 10 cm. In presenza di cortine murarie in laterizio pieno sarà utile prevedere perforazioni inclinate di almeno 40-45° verso il basso fino a ottenere una profondità di 30-35 cm (in ogni caso stabilita in rapporto alla sezione del muro); tale operazione sarà conveniente al fine di ripartire meglio la boiaccia e per rendere partecipi i diversi strati di malta.

Precedentemente all'iniezione (almeno 24 ore prima) dovrà essere iniettata acqua nel circuito chiuso d'iniezione, al fine di saturare la massa muraria e di mantenere la densità della miscela. L'operazione di prelavaggio (eseguita con acqua pura, eventualmente deionizzata) sarà, inoltre, conveniente sia per confermare le porzioni delle zone oggetto d'intervento, (corrispondenti alle zone umide), sia per segnalare l'esistenza di eventuali lesioni non visibili. Durante la suddetta fase di pulizia-lavaggio si dovranno effettuare, se necessarie, le eventuali operazioni supplementari di rinzaffo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

Iniezione della boiaccia legante

L'iniezione delle miscele (che di norma dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi e impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0,5 e 1,5 atm in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Nel caso in cui il dissesto risulterà circoscritto a una zona limitata sarà opportuno dare precedenza alle parti più danneggiate (utilizzando una pressione non troppo elevata e, se sarà necessario eseguire un pre-consolidamento, con boiaccia molto fluida colata mediante imbuto, prima delle perforazioni, in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura), per poi passare alle rimanenti, utilizzando una pressione maggiore. Le iniezioni procederanno per file parallele, dal basso verso l'alto, dai lati esterni e, simmetricamente, verso il centro al fine di evitare squilibri di peso e impreviste alterazioni nella statica della struttura. Il volume di miscela iniettata non dovrà superare i 100-120 l per metro cubo.

Prima verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiaccia non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. L'iniezione a un livello superiore sarà eseguita, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, solo quando tutti i tubi di iniezione, posti alla medesima quota, risulteranno intasati. Sarà, inoltre, opportuno aumentare la pressione d'immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento potrà essere di 1-2 atmosfere ogni 3-3,5 ml di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

In alternativa, e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà iniettare la boiaccia per gravità; la procedura seguirà le fasi precedentemente indicate per l'iniezione a pressione salvo alcune precisazioni. Questa tecnica dovrà essere preferita a quella a pressione nel caso in cui la muratura risulti in uno stato avanzato di degrado tale da non poter sopportare sovrappressioni o perforazioni. Previa pre-iniezione di acqua fino a saturazione si procederà a far penetrare la miscela dall'alto attraverso appositi boccagli a imbuto localizzati in lesioni o lacune (eventualmente "aiutate" asportando materiale deteriorato). Gli imbuto verranno rabboccati fino a che non si svuoteranno più, la procedura seguirà cantieri orizzontali (di circa 60-70 cm di altezza) dal basso verso l'alto; passate 24-48 ore si rabboccherà nuovamente con la miscela a base di calce idraulica così da saturare le eventuali fessure formatesi per il ritiro; l'utilizzo di additivi anti-ritiro nelle miscele eviterà, di norma, questo ulteriore passaggio. Nel caso di murature a secco sarà necessario prevedere un ulteriore accorgimento, prima di procedere alla colatura della miscela legante. Le operazioni preliminari prevedranno, salvo diverse specifiche della D.L., oltre alla sigillatura profonda con malta a base di calce idraulica naturale, il posizionamento di guaina di protezione lungo l'apparecchio, la successiva messa in opera di cassaforma di contenimento a distanza di circa 15-20 cm e il successivo riempimento dello spazio tra cassaforma ed apparecchio con sabbia od altro materiale indicato dalla D.L.

A indurimento della miscela (dopo circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi e i fori sigillati con malta appropriata (si rimanda a quanto detto negli articoli riguardanti le stuccature).

Specifiche sulle miscele

La boiaccia per iniezioni potrà essere composta, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, da una miscela di sola calce idraulica NHL 3,5 o NHL-Z 3,5 (esente da sali solubili) e acqua in rapporto variabile da 0,8 a 1,2.

10. CONSOLIDAMENTO STRUTTURE VOLTATE

10.1. PREMESSA METODOLOGICA

Il consolidamento delle strutture voltate dovrà avvenire in riferimento alle primarie istanze di sicurezza e conservazione; appurata l'efficienza statica dei piedritti di sostegno delle volte l'intervento dovrà essere sostanzialmente localizzato a ristabilire o a consolidare la continuità strutturale dell'elemento e, l'eventuale, contenimento dell'azione spingente sui sostegni verticali. La scelta della metodologia d'intervento su questo tipo di strutture dovrebbe riuscire a coniugare l'esigenza di sicurezza strutturale e, allo stesso tempo, cercare di non stravolgere la configurazione spaziale della struttura voltata. Le opere di consolidamento indirizzate alla ricostruzione della continuità strutturale vengono attuate generalmente quando a causa di dissesti di varia natura e di una certa entità o a causa di mutate condizioni di carico o per eccessivo degrado dei materiali componenti la struttura non risulta più idonea ad adempiere il suo ruolo strutturale manifestandolo, in molti casi, con l'alterazione dello stato di equilibrio originale con l'apparizione di fessurazioni e, in casi limite, anche con il distacco di parti costituenti. Gli interventi, in questo caso, possono essere diversi e la loro applicazione potrà essere fatta attraverso il consolidamento messo in opera nella parte estradossale o intradossale ricorrendo ad opportune ed idonee tecnologie che prevedano la messa in opera di materiali di sostegno e di rinforzo. Le tecniche sviluppate di seguito, non ottempereranno la possibilità di operare un consolidamento attraverso lo smontaggio e la ricomposizione della struttura voltata seguendo la stessa tecnica costruttiva adoperata in origine, sostituendo le parti ammalorate con elementi nuovi simili e compatibili a quelli originali e allo stesso tempo operando il consolidamento dell'intera struttura durante la fase di rimontaggio. Questa risoluzione, per ovvie ragioni, dovrà implicare la perfetta conoscenza delle tecniche antiche ma soprattutto la comprensione profonda delle diverse fasi operative cercando di capire i limiti connaturati con la risoluzione al fine di ovviarli e superarli attraverso accorgimenti consoni al caso.

10.2. OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E/O PIETRA)

10.2.1. Generalità

Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento che di seguito verrà enunciata, sarà opportuno seguire delle procedure e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità voltata oggetto d'intervento; queste operazioni inoltre salvaguarderanno l'integrità di ogni singolo elemento che compone l'unità strutturale e creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e l'efficacia dell'intervento.

Verifiche preliminari

- Riconoscimento ed identificazione dello schema di funzionamento statico del sistema voltato;
- analisi dei materiali e della funzione strutturale dei singoli elementi;
- accertamento delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte;
- analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado;
- valutazione complessiva del comportamento dell'unità strutturale.

Stuccature preliminari

Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.

Puntellatura

Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adequate sbatacchiature al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di volte affrescate, ovvero decorate, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricorda, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.

Rimozione materiale inerte

Tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfiacco) sovrapposto alla volta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuata manualmente e dovrà avanzare (per strati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivare all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia di volta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfiacci; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a padiglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).

Pulizia dell'estradosso

Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsistenti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

11. FONDAZIONI STRADALI

11.1. STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO

La fondazione è realizzata con misto granulare corretto granulometricamente, ovvero con misto granulare (miscela di varie pezzature di aggregato, reperibile in natura e di provenienza diversa), corretto con l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche al fine di migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. La correzione può avvenire mediante materiale naturale o proveniente da frantumazione.

La frazione grossa di tali miscele (inerte con dimensioni superiori a 2mm) potrà essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava o altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo, oppure da correggersi con adeguata attrezzatura, in impianto fisso di miscelazione.

11.1.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

- L'aggregato deve avere dimensioni tali da risultare completamente passante al setaccio da 63mm (o al crivello da 71mm di apertura); non deve essere costituito da granuli di forma appiattita, allungata o lenticolare.
- La granulometria deve essere compresa nel seguente fuso e deve avere andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI 2332)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 71	100
Crivello 40	75 - 100
Crivello 25	60 - 87
Crivello 10	35 - 67
Crivello 5	25 - 55
Setaccio 2	15 - 40
Setaccio 0,4	7 - 22
Setaccio 0.075	2 - 10

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI-EN 13043)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 63	100
Crivello 31.25	66 - 100
Crivello 16	47 - 80
Crivello 8	30 - 63
Crivello 4	21 - 50
Setaccio 2	15 - 40
Setaccio 1	11 - 32
Setaccio 0.5	8 - 24
Setaccio 0.25	6 - 18
Setaccio 0.125	4 - 14
Setaccio 0.063	2 - 10

- Il rapporto tra il passante al setaccio 0.075 (UNI 2332) ed il passante al setaccio 0.40 (UNI 2332) deve essere inferiore a 2/3.
- La perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, secondo la norma UNI-EN 1097-2/99 "Prove per determinare le proprietà fisico-meccaniche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione", non deve essere superiore al 30%.
- L'equivalente in sabbia, secondo la norma UNI-EN 933-8/2000 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in

sabbia”, determinato sull’aggregato della miscela da utilizzare, deve essere compreso fra 40 e 65%. I limiti superiore e inferiore dell’equivalente in sabbia potranno essere variati dalla Direzione Lavori in funzione della provenienza e delle caratteristiche del materiale utilizzato. In particolare, per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 40%, se ritenuti idonei, la Direzione Lavori richiederà, in ogni caso, la verifica dell’indice di portanza CBR .

- I suddetti controlli dovranno essere ripetuti sul materiale prelevato dopo costipamento in situ.
- L’indice di portanza californiano CBR, secondo la normativa CNR-UNI 10009/1964, determinato dopo aver sottoposto il campione a quattro giorni di imbibizione in acqua, deve risultare non inferiore al 30%. L’indice CBR, inoltre, non dovrà scendere al di sotto del valore anzidetto per variazioni dell’umidità ottima di costipamento di $\pm 2\%$.
- Qualora ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, l’aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2mm), deve avere una sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma CNR B.U. n°80/1980, non superiore al 30%.
- L’aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2mm) deve avere un Limite Liquido, ai sensi della Norma CNR-UNI 10014/1964, non superiore al 25%; il Limite Plastico deve essere non determinabile (e così l’Indice di Plasticità).
- Il modulo di deformazione M_d dello strato deve essere quello inserito nel progetto e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella Norma CNR 146/92.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1-5-7 e 8, salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 40%.

11.1.2. Studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell’impasto per la realizzazione dello strato di fondazione, l’Appaltatore dovrà preliminarmente eseguire uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi delle pezzature, necessari per la produzione di un misto stabilizzato in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell’indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sullo stabilizzato da utilizzare in fase di stesa. Dovrà essere inoltre contestualmente trasmessa alla Direzione Lavori una relazione circostanziata che illustri, in modo chiaro ed inequivocabile:

- tipologia e caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati per la realizzazione dello strato di fondazione;
- luogo, modalità e tempi del loro approvvigionamento;
- luogo, modalità e tempi del loro impiego, trattamento e messa in opera;
- provvedimenti da porre in atto per garantire il mantenimento nel tempo dei loro requisiti fisici e meccanici, previsti nello studio preliminare e richiesti dal Capitolato;
- provvedimenti previsti in caso di variazione delle condizioni di cui ai punti precedenti.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del misto granulometricamente stabilizzato, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta degli aggregati lapidei nelle varie pezzature; dovranno essere indicate la natura e la provenienza dell’inerte, nonché, per ciascuna frazione e per lo stabilizzato che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI-EN 933-1/1999 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per stacciatura”), la massa volumica apparente dei granuli (UNI-EN 1097-6/2002 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell’assorbimento d’acqua”) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione.

11.1.3. Modalità esecutive

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20cm e non inferiore a 10cm, e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L’eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l’umidità prescritta in funzione della densità è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell’Impresa.

Il piano di posa dovrà avere la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria;

Il costipamento sarà effettuato con l’attrezzatura più idonea al tipo di materiale impiegato e comunque dovrà essere oggetto di preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori.

Il costipamento dello strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova di costipamento, eseguita secondo la Norma CNR B.U. n°69/1978 con il procedimento AASHTO modificato.

Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$d_r = \frac{d_i * P_c * (100 - x)}{100 * P_c - x * d_i}$$

in cui:

d_r = densità della miscela priva degli elementi di dimensione superiore a 25mm;

d_i = densità della miscela "tal quale" (comprensiva dell'inerte con dimensioni superiori a 25mm);

P_c = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25mm;

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 25mm, compresa tra il 25 e il 40%. In tal caso, nella stessa formula, al termine x dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso del trattenuto al crivello UNI 25mm).

11.1.4. Controllo dei requisiti di accettazione

Il rispetto dei requisiti di accettazione sarà accertato dalla D.L. in corso d'opera, prelevando in cantiere il materiale già miscelato, sia all'atto della stesa che dopo il costipamento.

Nel cantiere di stesa dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

- verifica dell'idoneità delle attrezzature di stesa e rullatura;
- verifica della composizione e delle caratteristiche intrinseche del misto stabilizzato;
- verifica delle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale costipato ed, in particolare del:
 - **peso specifico in situ**, secondo la Norma CNR B.U. n°22/1972, in relazione alla densità massima determinata con procedura AASHTO Modificato;
 - **modulo di deformazione M_d** , determinato con prova di carico su piastra al primo ciclo di carico, nell'intervallo di pressione compreso tra 0.25 e 0.35 N/mm², secondo la norma CNR B.U. n°146/1992; esso dovrà risultare **non inferiore a 60 N/mm²**;
 - **regolarità dello strato**, la cui superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1cm, controllato a mezzo di un regolo di 4.50m di lunghezza e disposto secondo le due direzioni ortogonali.
- verifica dello spessore dello strato finito non dovrà scostarsi, in più o in meno, oltre il 5% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

11.2. STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO

Il misto cementato per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento e acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume. Lo spessore finito dell'unico strato in cui il materiale dovrà essere messo in opera in un unico strato non inferiore a 20cm e non superiore a 30cm.

11.2.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare

11.2.1.1. Materiali inerti

Saranno impiegati aggregati naturali e di frantumazione, anche costituiti da ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume, a condizione che la percentuale di frantumato complessiva sia superiore al 40% in peso, sul peso totale degli inerti. La D.L. potrà permettere l'impiego di quantità di materiale frantumato inferiori al limite stabilito, previa verifica che la miscela finale presenti comunque le resistenze a compressione e a trazione, a 7 giorni, prescritte nel seguito (a tal fine, si potrà modificare la composizione variando la percentuale delle sabbie presenti e/o la quantità di passante al setaccio da 0.075mm).

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- il materiale deve avere dimensioni tali da risultare completamente passante al crivello UNI 40 (o equivalente); non deve essere costituito da granuli di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- Granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme:

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI 2332)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 40	100

Crivello 30	80 - 100
Crivello 25	72 - 90
Crivello 10	40 - 55
Crivello 5	28 - 40
Setaccio 2	18 - 30
Setaccio 0,4	8 - 18
Setaccio 0.075	5 - 10

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI-EN 13043)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 63	100
Crivello 31.25	80 - 100
Crivello 16	55 - 73
Crivello 8	34 - 48
Crivello 4	25 - 36
Setaccio 2	18 - 30
Setaccio 1	14 - 24
Setaccio 0.5	9 - 19
Setaccio 0.25	7 - 15
Setaccio 0.125	5 - 12
Setaccio 0.063	4 - 10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, secondo la norma UNI-EN 1097-2/1999, non superiore al 30%;
- Equivalente in sabbia, secondo la norma UNI-EN 933-8/2000, compreso fra 30 e 60%;
- Qualora ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, l'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 4mm) dovrà avere:
 - sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma CNR B.U. n°80/1980, non superiore al 30%;
 - coefficiente di usura determinato con la prova Micro-Deval, secondo la Norma UNI-EN 1097-1/2000 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval)", in presenza di acqua (MDU), non superiore al 25%.
- L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 4mm) dovrà avere un Limite Liquido, ai sensi della Norma CNR-UNI 10014, non superiore al 25%; il Limite Plastico deve essere non determinabile (e così l'Indice di Plasticità);
- Il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, rocce degradabili, rocce solfatiche, rocce reagenti con alcali del cemento, ai sensi della Norma CNR B.U. n°104/1984, nell'aggregato grosso deve essere inferiore all'1%;
- Il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento, ai sensi della Norma CNR B.U. n°104/1984, nell'aggregato fino deve essere inferiore all'1%. Così deve essere inferiore all'1%, nello stesso aggregato, il contenuto in ione SO₄ ed il contenuto di sostanze organiche.

11.2.1.2. Legante

Il cemento da impiegare, ai sensi del D.M. Industria, Commercio ed Artigianato del 13/09/1993, deve essere del tipo ENV 197-1 CEM I, II, III o IV, tipo 32.5 o 42.5, ma non può avere elevata resistenza iniziale (32.5R o 42.5 R). La percentuale di legante sarà compresa tra il 2,5 e il 3,5% in peso sul peso dell'inerte (secco).

11.2.1.3. Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materie organiche e da qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, con una possibile variazione percentuale (in aumento o in diminuzione) di 2 punti per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

11.2.2. Studio preliminare di laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato di fondazione (sottobase), l'Appaltatore dovrà preliminarmente eseguire uno studio di fattibilità e di

ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi delle pezzature, necessari per la produzione di un misto cementato in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul misto da utilizzare in fase di stesa.

Dovrà essere inoltre contestualmente trasmessa alla Direzione Lavori una relazione circostanziata che illustri, in modo chiaro ed inequivocabile:

- tipologia e caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati per la realizzazione dello strato di fondazione (sottobase), con particolare riguardo a inerte e legante;
- luogo, modalità e tempi del loro approvvigionamento;
- luogo, modalità e tempi del loro impiego, trattamento e messa in opera;
- provvedimenti da porre in atto per garantire il mantenimento nel tempo dei loro requisiti fisici e meccanici, previsti nello studio preliminare e richiesti dal Capitolato;
- provvedimenti previsti in caso di variazione delle condizioni di cui ai predetti punti 1-2-3.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del misto cementato, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del cemento e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature.

Dovranno essere indicati:

- tipo, qualità e dosaggio del cemento;
- natura e provenienza dell'inerte;
- per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI-EN 933-1/1999), la massa volumica apparente dei granuli (UNI-EN 1097-6/2002) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 20.2.2.a/b/c).

La quantità di acqua e di legante con cui effettuare l'impasto sarà preliminarmente determinata in laboratorio, per via sperimentale, mediante provini cilindrici su cui determinare la densità del secco, il carico di rottura a compressione, la resistenza a trazione indiretta, secondo la norma UNI-EN 12390-6/2002

La prova di resistenza a compressione sarà eseguita su provini confezionati in stampi cilindrici di acciaio per prova C.B.R. (ai sensi della Norma CNR-UNI 10009), privi di disco spaziatore e dotati di collare di prolunga; negli stampi, il materiale sarà costipato in n° 5 strati, con n°85 colpi per strato, con un'energia pari a quella prevista nella norma CNR B.U. n°69/1978 (Prova di costipamento di una terra) per il procedimento AASHTO Modificato. Onde consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato si dovrà aver cura che la miscela, a costipamento ultimato, ecceda di 1cm circa rispetto all'altezza del cilindro; l'eccedenza verrà eliminata, previa rimozione del collare di prolunga e rasatura dello stampo, in modo che l'altezza del provino risulti essere pari a quella dello stampo C.B.R. medesimo.

Il confezionamento dei campioni sarà eseguito dosando gli inerti secondo la curva granulometrica di progetto, dopo aver eliminato la frazione trattenuta al crivello 25 UNI (o al setaccio corrispondente), preparando più impasti con percentuali di cemento diverse e, per ogni percentuale di cemento, con percentuali di acqua diverse. Con ogni impasto si confezioneranno almeno 4 provini, sui quali verrà calcolata la densità secca.

I provini dovranno essere conservati negli stampi in ambiente umido per le prime 24 ore dal confezionamento; saranno quindi estratti e fatti stagionare per 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90%) a temperatura di circa 20°C. Per prove eseguite in cantiere la stagionatura sarà effettuata in sabbia umida.

I provini, dopo la stagionatura, saranno sottoposti a prova di rottura a compressione, condotta con l'applicazione di uno sforzo unitario crescente con continuità sino a rottura, in ragione di 1 N/mm²/s.

La resistenza a compressione a 7 giorni, espressa come media su quattro provini, dovrà risultare compresa fra 4 e 7 N/mm²; qualora uno dei valori dovesse scostarsi dalla media di oltre il 20%, la media aritmetica sarà computata sui campioni rimanenti, a condizione che nessuno di questi manifesti un pari scostamento dalla media risultante. In quest'ultima circostanza, qualora fossero due i campioni con valori di resistenza a compressione che si scostano di oltre il 20% dalla media, la prova dovrà essere integralmente ripetuta.

La prova di resistenza a trazione indiretta (prova brasiliana) sarà eseguita su provini confezionati secondo le modalità previste per la prova di compressione.

Il carico dovrà essere applicato, collocando il provino con il proprio asse orizzontale e interponendo appositi listelli in compensato o cartone duro (di sezione minima di 15 x 4mm e lunghezza maggiore dell'altezza del campione), mediante i piatti di una pressa che dovranno trasmettere un gradiente di tensione costante sino a rottura, in ragione di 0.05N/mm²/s.

La resistenza a trazione indiretta, determinata su almeno tre provini, dovrà risultare non inferiore a 0.25 N/mm².

Dall'indagine sperimentale eseguita con la prova di compressione e la prova di trazione indiretta dovranno essere scelti: curva granulometrica; contenuto di legante; contenuto d'acqua da utilizzare nel confezionamento della miscela; densità e resistenze di progetto da utilizzare come riferimento nelle prove di controllo.

11.2.3. Preparazione e controllo dei requisiti di accettazione in fase di confezionamento della miscela

L'Appaltatore, dopo aver eseguito lo studio della miscela in laboratorio, dovrà proporre alla Direzione Lavori la composizione da adottare e ad essa, una volta accettata, dovrà scrupolosamente attenersi per tutta la durata dei lavori.

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o a volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre distinti assortimenti ed il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1.500 m³ di miscela.

L'osservanza della granulometria dovrà essere assicurata con esami giornalieri, da eseguirsi presso la centrale di miscelazione, subito prima della miscelazione.

Per quanto concerne la curva granulometrica dell'inerte, rispetto al valore percentuale del passante ai singoli vagli della curva granulometrica adottata, sarà ammessa una tolleranza di ± 5 punti dal crivello 40 al crivello 5 UNI e di ± 2 punti dal setaccio 2 UNI al setaccio 0.075 UNI, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Per la quantità di cemento non sarà tollerato uno scostamento, dalla percentuale stabilita, superiore a ± 0.3 punti.

11.2.4. Modalità esecutive

Il materiale verrà steso in un unico strato di spessore finito pari a quello prescritto dal progetto.

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente, dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

Il materiale pronto per la messa in opera e il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria, composizione e dosaggio dei componenti. Dovrà, inoltre, possedere le caratteristiche fisico-meccaniche di impiego. Una volta in opera, esso dovrà presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato, in modo da non rivelare segregazione dei suoi componenti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Il costipamento e la finitura dello strato saranno effettuati con l'attrezzatura più idonea al tipo di materiale impiegato e comunque essa dovrà essere oggetto di preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori. In generale, il costipamento sarà realizzato con rulli lisci vibranti e rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati), comunque semoventi.

L'idoneità dell'attrezzatura e le modalità esecutive di posa e costipamento del misto cementato verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale, dove sarà utilizzata la miscela studiata per l'intervento specifico.

Tutte le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali risulteranno tali da poter danneggiare la qualità della strato.

La stesa della miscela non dovrà, di norma, essere eseguita con temperature dell'aria inferiori a 5 e superiori a 25°C, né in presenza di pioggia. Potrà, tuttavia, essere consentita la stesa a temperature comprese fra i 25 e i 30°C, a condizione che il misto cementato sia protetto da evaporazione durante il trasporto dall'impianto di miscelazione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); nella stessa circostanza, sarà necessario provvedere ad un'abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato prima della sua applicazione, al fine di prevenire un anomalo assorbimento dell'acqua di impasto da parte del sottofondo.

Le operazioni di costipamento del misto cementato e la successiva applicazione dello strato protettivo in emulsione bituminosa sulla superficie del medesimo, dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15-18°C ed umidità relativa del 50% circa. Temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione del getto.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1-2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali di ripresa, che andranno protetti con fogli di polistirolo espanso (o materiale similare) conservati umidi.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola, da togliere al momento della ripresa del getto; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa del getto, provvedere a tagliare l'ultima parte del getto precedente, in modo che si ottenga una parete verticale su tutto lo spessore dello strato.

Non saranno eseguiti altri giunti, all'infuori di quelli di ripresa.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore alle 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato finito a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa, ma solo e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi da improprie condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida (cationica) al 55% in ragione di 1.0-1.5kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui esso potrà venire sottoposto; successivamente si provvederà allo spargimento di sabbia.

11.2.5. Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida (cationica) al 55% in ragione di 1.0-1.5kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui esso potrà venire sottoposto; successivamente si provvederà allo spargimento di sabbia.

11.2.6. Controllo dei requisiti ed accettazione

Il costipamento dello strato in misto cementato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% della densità massima del progetto.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con cadenza giornaliera (almeno 1 prova per giornata lavorativa), prelevando il materiale durante la stesa, ovvero prima dell'indurimento.

La densità in sito si valuterà secondo le prescrizioni della Norma CNR B.U. n°22/1972 (metodo del volumometro a sabbia o a membrana), avuto riguardo di correggere la misura in modo da eliminare il contributo degli elementi di dimensione superiore a 25mm.

Ciò potrà essere ottenuto mediante la metodologia analitica, oppure attraverso una misura diretta, consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura col volumometro. La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento, per evitare la formazione di cavità durante la successiva misurazione del volume.

Il controllo della densità potrà anche essere effettuato sullo strato finito (almeno con 15-20 giorni di stagionatura), su provini estratti tramite carotatrice; la densità secca verrà ricavata come rapporto tra il peso della carota, essiccata in stufa a 105-110°C, ed il suo volume, ricavato per mezzo di pesata idrostatica previa paraffinatura del provino. In questo caso la densità dovrà risultare non inferiore al 100% della densità del progetto.

Prove di compressione e di trazione indiretta saranno eseguite prelevando un numero minimo di 8 campioni (4 per la compressione, 4 per la trazione) per ogni 1.500m³ di materiale costipato e frazione eccedente. La preparazione dei provini per le singole determinazioni avverrà previa eliminazione, mediante vagliatura con crivello o setaccio, dell'inerte con dimensioni superiori a 25mm.

La resistenza, a 7 giorni, a compressione e a trazione indiretta, determinata su provini confezionati prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo e stagionati secondo le indicazioni del precedente articolo, potrà discostarsi dai valori di riferimento preventivamente determinati in laboratorio con una tolleranza del 20%, in aumento come in diminuzione, ma mai potrà essere inferiore ai minimi prescritti per lo studio di laboratorio (rispettivamente 4.0N/mm² per la resistenza a compressione, 0.25N/mm² per la resistenza a trazione indiretta).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1.0cm, controllato a mezzo di un regolo di 4.50m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; tale scostamento non potrà essere che saltuario. Qualora si dovesse rilevare un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non sarà consentito il ricarico superficiale e l'Impresa dovrà rimuovere e riapplicare, a sua totale cura e spesa, lo strato per il suo intero spessore.

12. PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

12.1. CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE

Lo strato di base in conglomerato bituminoso è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043/2004 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), impastato a caldo con bitume semisolido per uso stradale (secondo le definizioni e requisiti di cui alla Norma Norme **UNI EN 12591/2002** "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

Il conglomerato bituminoso, una volta messo in opera, dovrà conferire una resistenza meccanica allo strato di pavimentazione di cui fa parte tale da garantire la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e una sufficiente flessibilità nell'adattamento ad eventuali assestamenti del sottofondo, anche a medio-lungo termine.

Lo spessore dello strato di base è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

12.1.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare

12.1.1.1. Materiali inerti

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma **UNI-EN 932-1/1998** "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento".

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso per strato di base dovrà essere verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella norma UNI-EN 13043/2004 sopraccitata.

12.1.1.1.1 Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2mm) dovrà essere costituito almeno per il 70% da materiale frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI-EN 1097-2, non superiore al 25%;
- se richiesto dalla Direzione Lavori, sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma CNR B.U. n°80/1980, non superiore al 30%;
- contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma CNR B.U. n°104/1984, inferiore all'1%;
- spogliamento in acqua a 40°C, secondo la Norma CNR B.U. n°138/92, non superiore al 5%.

In ogni caso l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti. I grani di aggregato non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

12.1.1.1.2 Aggregato fine

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e naturali (la percentuale di queste ultime sarà prescritta, di volta in volta, dalla Direzione Lavori in relazione ai valori di scorrimento della prova Marshall, ma comunque non dovrà essere mai superiore al 30% in peso della miscela delle sabbie) e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- Limite Liquido, ai sensi della Norma CNR-UNI 10014, non superiore al 25%; il Limite Plastico dovrà essere non determinabile (e così l'Indice di Plasticità);
- contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma CNR B.U. n°104/1984, inferiore all'1%;
- equivalente in sabbia, determinato secondo la Norma UNI-EN 933-8, non inferiore al 50%.

12.1.1.1.3 Additivi

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce calcaree o costituiti da cemento, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- essere completamente passanti al setaccio 0.18mm della serie UNI 2332;
- avere una percentuale di passante in peso, al setaccio 0.075mm della serie UNI 2332 non inferiore a 90.
- L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere comunque eseguita per via umida, secondo l'art. 5 della Norma CNR B.U. n°23/1971.

12.1.1.2. Legante

Esso dovrà avere i requisiti prescritti dalle Norme **UNI EN 12591/2002** "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali", per i bitumi semisolidi B 50-70 o 70-100.

DETERMINAZIONE	UNITA' DI MISURA	CLASSE		
		5	6	7
Penetrazione a 25°C	dmm	40-60	50-70	70-100
Punto di rammollimento (palla- anello)	°C	48-56	46-54	43-51
Punto di rottura Fraass, massimo	°C	- 7	- 8	-10
viscosità a 60° C	Pa.s	175	145	90
penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min.	%	50	50	46
Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., min.	°C	49	48	45
Solubilità in solv. organici, minima	%	99	99	99

Tabella 20.1 - Caratteristiche bitumi semisolidi per usi stradali

Per la valutazione delle caratteristiche di accettazione si farà riferimento alle seguenti normative CNR ed eventualmente alle Normative Europee riportate fra parentesi ove recepite dall'UNI:

- B.U. n°24/1971, "Norme per l'accettazione dei bitumi stradali" (prova di penetrazione) [EN 1426];
- B.U. n° 35/1973, "Punto di rammollimento (metodo palla e anello)" [EN 1427];
- B.U. n°43/1974, "Punto di rottura (metodo Fraass)" [EN12593];
- B.U. n°44/1974, "Metodo di prova: duttilità";
- B.U. n°48/1975, "Metodo di prova: solubilità in solventi organici" [EN 12592];
- B.U. n°50/1976, "Metodo di prova: perdita per riscaldamento volatilità" [EN 12607-1].

12.1.1.3. Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI 2332)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 40	100
Crivello 30	80 - 100
Crivello 25	70 - 100
Crivello 15	45 - 85
Crivello 10	35 - 70
Crivello 5	25 - 55
Setaccio 2	17 - 40
Setaccio 0.4	6 - 20
Setaccio 0.18	4 - 14
Setaccio 0.075	3 - 8

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI EN 13043)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 63	100
Crivello 31.25	81 - 100
Crivello 16	48 - 86
Crivello 11.2	38 - 74
Crivello 8	30 - 65
Crivello 4	23 - 50
Setaccio 2	16 - 40
Setaccio 1	10 - 31

Setaccio 0.5	7 - 21
Setaccio 0.25	5 - 16
Setaccio 0.125	3 - 12
Setaccio 0.063	3 - 7

Il tenore di bitume della classe 6 (pen. 50/70) dovrà essere compreso tra il **4.0 - 4.5%** in peso, riferito al peso totale degli aggregati e la percentuale ottimale dovrà essere determinata attraverso studio Marshall delle miscele. Per gli strati di minor spessore finito dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

Il conglomerato dovrà avere i requisiti di seguito descritti:

- **stabilità Marshall**, secondo la Norma UNI EN 12697/2000, determinata su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà essere compresa tra **8.0 - 12.0KN**;
- **rigidezza Marshall**, dato dal rapporto fra Stabilità e Scorrimento determinati nel corso della medesima prova, dovrà essere compresa tra **2.50 - 4.0KN/mm**;
- **percentuale di vuoti residui**, determinata sui provini Marshall, dovrà essere compresa tra **3.0 - 6.0%**.

Le misure di stabilità, rigidezza e porosità saranno eseguite sui provini confezionati con il conglomerato bituminoso utilizzato per la realizzazione della pavimentazione.

12.1.2. Studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato di base, l'Appaltatore dovrà presentare alla D.L., con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche ed i dosaggi necessari per la produzione di un conglomerato bituminoso in grado di soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul conglomerato da utilizzare in fase di stesa.

Lo studio di fattibilità e di ottimizzazione sui singoli componenti del conglomerato bituminoso, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del legante e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature. Dovranno essere indicati:

- tipo, qualità e dosaggio del bitume;
- natura e provenienza dell'inerte;
- la curva granulometrica (UNI-EN 933-1/1999), la massa volumica apparente dei granuli (UNI-EN 1097-6/2002) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione, per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare;

Il dosaggio di legante con cui confezionare il conglomerato sarà preliminarmente determinato in laboratorio, per via sperimentale, mediante prova Marshall, da realizzare secondo le modalità sopra descritte. Saranno misurati i parametri di stabilità, scorrimento, rigidezza e porosità, in base ai quali sarà giustificata la formulazione ottimale della miscela.

La Direzione Lavori si riserva, in ogni caso, di approvare i risultati prodotti dall'Impresa o di fare studiare diverse formulazioni dell'impasto.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente. Saranno tollerati scostamenti, rispetto allo studio di formulazione, pari a:

- $\pm 5\%$ sull'aggregato grosso;
- $\pm 2\%$ sull'aggregato fine;
- $\pm 1.5\%$ sulla quantità di filler;
- $\pm 0.25\%$ sulla quantità di bitume.

12.1.3. Formazione e confezione della miscela

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati di tipo discontinuo, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti ed efficienti in ogni loro parte. Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso, mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi di inerte dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori dovrà eseguirsi con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento dell'aggregato e l'uniforme riscaldamento della miscela.

Una perfetta vagliatura dovrà assicurare una idonea riclassificazione delle singole classi di inerte.

Resta pertanto escluso l'uso di impianto a scarico diretto.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 25-30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160 e 180°C, quella del legante tra 150 e 180°C, salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0.5%.

12.1.4. Posa in opera della miscela

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo la verifica della Direzione Lavori della rispondenza ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza prescritti dal progetto.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura, per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione in misto cementato, per garantire l'ancoraggio, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto-livellamento. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, e se richiesto dalla direzione lavori per quei tratti stradali ove sia possibile mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 finitrici. Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Procedendo alla stesa in più strati, questi dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile.

Tra di essi dovrà essere interposta una mano di ancoraggio di emulsione bituminosa, spruzzata in ragione di almeno 500g/m².

Gli strati finiti dovranno avere uno spessore non inferiore a 8cm, né superiore a 12cm.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 140°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità. La compattazione sarà realizzata a mezzo dei rulli gommati o vibranti gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate, in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di maggiori dimensioni.

12.1.5. Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Alla formulazione definita a seguito di studio sperimentale e approvata dalla Direzione Lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente in fase di esecuzione dei lavori, comprovandone l'osservanza con esami giornalieri. Allo scopo, in corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni nonché in fasi successive la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali, presso Laboratorio qualificato e di propria insindacabile fiducia.

12.1.6. Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa, né inferiore al 96% di quella determinata secondo la "ricetta ottimale" in fase di formulazione dell'impasto.

La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma CNR B.U. n°40/1973, su carote di 10cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove.

La superficie dello strato in conglomerato bituminoso (o di ogni singolo strato, qualora la base sia ottenuta per sovrapposizione di strati distinti, comunque secondo le modalità di cui al medesimo articolo), a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, di ondulazioni e di segregazione degli elementi di diverse dimensioni. La regolarità superficiale sarà verificata con un'asta rettilinea lunga 4.0m che, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascun strato, dovrà aderirvi uniformemente. Saranno tollerati scostamenti occasionali e contenuti nel limite di 10mm. Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

Non saranno consentiti scostamenti per lo spessore dello strato finito. Saranno previste tolleranze, in più o in meno, fino al 2.5% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

12.2. CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER) E PER STRATO DI USURA TRADIZIONALI

Il conglomerato utilizzato per la realizzazione degli strati superficiali (binder ed usura) è costituito da una miscela di aggregati, esclusivamente di frantumazione, e additivo (in accordo a quanto previsto nella Norma UNI-EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"). Tale miscela verrà impastata a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI-EN 12591 "Specifiche per i bitumi per usi stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, e sarà stesa in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipata con rulli gommati e lisci.

12.2.1. Caratteristiche dei materiali da impiegare

12.2.1.1. Materiali inerti

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI-EN 932-1/1998, la riduzione dei campioni in laboratorio dovrà essere eseguita in accordo alla Norma UNI-EN 932-2/2000.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso per gli strati di collegamento e di usura dovrà essere verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella norma UNI-EN 13043 precedentemente citata.

12.2.1.1.1 Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2mm) dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei. Potrà, inoltre, essere costituito da elementi lapidei di provenienza o natura petrografica diversificata, purché le prove di caratterizzazione ed accettazione, eseguite sulle frazioni di aggregato che si intende impiegare, attestino il rispetto dei seguenti requisiti:

- **per strati di collegamento (binder):**

- il 100% del materiale dovrà provenire da frantumazione;
- la perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI-EN 1097-2 "Metodi di prova per la determinazione della resistenza alla frammentazione", dovrà essere inferiore al 25%;
- la sensibilità al gelo, secondo la Norma CNR B.U. n°80/1980, dovrà risultare non superiore al 30%;
- il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma CNR B.U. n°104/1984, dovrà essere inferiore all'1%;
- l'indice di forma, secondo la Norma UNI-EN 933-4/2001, dovrà essere inferiore a 20 (categoria SI20);

- l'indice di appiattimento, secondo la Norma CNR B.U. n°95/1984, dovrà essere inferiore a 17 (categoria FI20).
- **per strati di usura:**
 - il 100% del materiale dovrà provenire da frantumazione;
 - la perdita in peso alla prova Los Angeles, UNI-EN 1097-2 "Metodi di prova per la determinazione della resistenza alla frammentazione", dovrà essere inferiore al 18%;
 - la sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma CNR B.U. n°80/1980, dovrà risultare non superiore al 30%;
 - il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma CNR B.U. n°104/1984, dovrà essere inferiore all'1%;
 - l'indice di forma, secondo la Norma UNI-EN 933-4/2001 dovrà essere inferiore a 15 (catSI15);
 - l'indice di appiattimento, secondo la Norma CNR B.U. n°95/1984, dovrà essere inferiore a 12 (categoria FI15);
 - il coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie, secondo la Norma UNI-EN 1097-8/2001, dovrà essere non inferiore a 0.43.

La miscela finale degli aggregati, almeno per il 30% del totale, dovrà contenere nella frazione più grossa, inerti di natura basaltica, porfirica o, in generale, di natura vulcanico effusiva.

12.2.1.1.2 Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2mm) dovrà essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione. Dovrà inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

- la prova Los Angeles, secondo Norma UNI-EN 1097-2, eseguita sul granulato da cui provengono le sabbie naturali utilizzate nella miscela, dovrà dare una perdita in peso non superiore al 25%.
- l'equivalente in sabbia, determinato secondo la Norma UNI-EN 933-8/2000, dovrà essere non inferiore all'80% per lo strato di usura.

12.2.1.1.3 Additivi

Gli additivi (filler), provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree ovvero costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- essere completamente passanti al setaccio UNI 0.18;
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio UNI 0.075 non inferiore a 80;
- essere costituiti da materiale non plastico (Limite Plastico e Indice di Plasticità non determinabili).

12.2.1.2. Legante

Esso dovrà avere i requisiti prescritti dalle Norme **UNI-EN 12591/2002** "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali", per i bitumi semisolidi B 50-70 o 70-100. Per la valutazione delle caratteristiche di accettazione si farà riferimento alle normative UNI-EN già previste per la verifica del legante utilizzato nello strato bituminoso di base.

12.2.1.3. Miscela

12.2.1.3.1 Strato di collegamento (binder)

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento (binder) dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI 2332)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 25	100
Crivello 15	70 - 100
Crivello 10	55 - 75
Crivello 5	40 - 60
Setaccio 2	24 - 45
Setaccio 0.4	8 - 25
Setaccio 0.18	6 - 15
Setaccio 0.075	4 - 8

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI EN 13043)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 31.25	100
Crivello 16	72 - 100

Crivello 11.2	58 - 81
Crivello 8	49 - 68
Crivello 4	37 - 56
Setaccio 2	24 - 45
Setaccio 1	14 - 37
Setaccio 0.5	9 - 28
Setaccio 0.25	7 - 18
Setaccio 0.125	5 - 12
Setaccio 0.063	4 - 7

Il **tenore di bitume** dovrà essere compreso tra il **4.5 - 5.0%** in peso, riferito al peso totale degli aggregati e la percentuale ottimale dovrà essere determinata attraverso studio Marshall delle miscele. Per gli strati di minor spessore finito dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

Il conglomerato dovrà avere i requisiti di seguito descritti:

- **stabilità Marshall**, secondo la Norma UNI-EN 12697/2000, determinata su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare compresa tra **10.0 - 16.0KN**.
A seguito di immersione in acqua demineralizzata, per 7 giorni a 25°C, secondo le indicazioni della Norma CNR B.U. n°149/1992, la Stabilità Marshall del conglomerato bituminoso non dovrà subire riduzioni superiori al **20%**;
- **rigidezza Marshall**, dato dal rapporto fra Stabilità e Scorrimento determinati nel corso della medesima prova, dovrà essere compresa tra **3.0 - 5.0KN/mm**;
- **percentuale di vuoti residui**, determinata sui provini Marshall, dovrà essere compresa tra **3.0 - 6.0%**.
- **resistenza a trazione indiretta** a 25 °C, secondo la Norma CNR B.U. n°134/1991, dovrà essere **non inferiore a 0.6 N/mm²**.

Le misure di stabilità, rigidezza e porosità saranno eseguite sui provini confezionati con il conglomerato bituminoso utilizzato per la realizzazione della pavimentazione.

12.2.1.3.2 Strato di usura

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI 2332)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 15	100
Crivello 10	70 - 90
Crivello 5	42 - 65
Setaccio 2	25 - 40
Setaccio 0.4	11 - 22
Setaccio 0.18	8 - 15
Setaccio 0.075	6 - 10

SERIE CRIVELLI E SETACCI (Serie UNI EN 13043)	PASSANTE IN PESO (%)
Crivello 16	100
Crivello 11.2	73 - 100
Crivello 8	52 - 81
Crivello 4	37 - 56
Setaccio 2	25 - 40
Setaccio 1	17 - 32
Setaccio 0.5	12 - 24
Setaccio 0.25	9 - 18
Setaccio 0.125	7 - 13

Il **tenore di bitume** dovrà essere compreso tra il **5.2 - 5.8%** in peso, riferito al peso totale degli aggregati e la percentuale ottimale dovrà essere determinata attraverso studio Marshall delle miscele. Il coefficiente di riempimento con bitume dei vuoti intergranulari della miscela addensata non dovrà superare l'**80%**; il contenuto di bitume della miscela dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza prescritti.

Il conglomerato dovrà avere i requisiti di seguito descritti:

- **stabilità Marshall**, secondo la Norma UNI-EN 12697/2000, determinata su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare compresa tra **12.0 - 16.0KN**.
A seguito di immersione in acqua demineralizzata, per 7 giorni a 25°C, secondo le indicazioni della Norma CNR B.U. n°149/1992, la Stabilità Marshall del conglomerato bituminoso non dovrà subire riduzioni superiori al **20%**;
- **rigidezza Marshall**, dato dal rapporto fra Stabilità e Scorrimento determinati nel corso della medesima prova, dovrà essere compresa tra **3.0 - 5.0KN/mm**;
- **percentuale di vuoti residui** sui provini Marshall dovrà essere compresa tra **3.0 - 6.0%**.
- **resistenza a trazione indiretta** a 25°C, secondo la Norma CNR B.U. n°134/1991, dovrà essere **non inferiore a 0.6 N/mm²**.

Le misure di stabilità, rigidezza e porosità saranno eseguite sui provini confezionati con il conglomerato bituminoso utilizzato per la realizzazione della pavimentazione.

12.2.2. Studio della miscela in laboratorio

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

12.2.3. Formazione e confezione della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

12.2.4. Posa in opera della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo le seguenti modifiche:

- le miscele saranno stese dopo un'accurata pulizia della superficie di appoggio mediante motoscopa (ed eventuale lavaggio) e la successiva distribuzione di un velo uniforme di ancoraggio di emulsione bituminosa acida al 55%, scelta in funzione delle condizioni atmosferiche ed in ragione di 500gr/m².
La stesa della miscela non potrà avvenire prima della completa stesa dell'emulsione bituminosa;
- la stesa sarà sempre effettuata in singolo strato. Pertanto, l'applicazione di una mano di ancoraggio in emulsione bituminosa dovrà essere prevista sia prima della stesa del binder, come anche prima della stesa dello strato di usura.

La superficie dello strato di usura, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di dimensioni diversificate.

12.2.5. Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

12.2.6. Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

12.2.6.1. Strato di collegamento (binder)

Lo strato di collegamento (binder), al termine della compattazione, dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa.

Inoltre dovrà essere verificato il contenuto di vuoti residui in opera (secondo Norma CNR B.U. n°39/1973), che dovrà risultare compreso fra 4.0 e 7.0%.

La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma CNR B.U. n°40/1973, su carote di 10cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove. Particolare cura dovrà essere nel riempimento delle cavità rimaste negli strati superficiali dopo il prelievo delle carote.

12.2.6.2. Strato di usura

Lo strato di usura dovrà, inoltre, soddisfare le seguenti prescrizioni:

- la densità, uniforme in tutto lo spessore, non dovrà essere inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa;
- il contenuto di vuoti residui, in opera (secondo Norma CNR B.U. n°39/1973), dovrà essere compreso tra 2.0 e 5.0%;
- il conglomerato bituminoso dovrà avere una tessitura superficiale tale da non risultare scivoloso. Le caratteristiche di antisdrucchiolevozza rilevate mediante rugosimetro portatile a pendolo

(TRRL British Portable Skid Resistance Tester), secondo la Norma CNR B.U. n°105/1985, dovranno essere espresse da un BPN superiore a 60. Per valori di BPN inferiori a 60 dovrà essere rilevato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) mediante apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine), secondo Norma CNR B.U. n°147/1992, il quale sarà considerato:

- buono, per valori non inferiori a 0.60;
 - soddisfacente, per valori compresi tra 0.45 e 0.60;
 - discreto (non accettabile), per valori compresi tra 0.35 e 0.45;
 - mediocre (non accettabile) per valori inferiori a 0.35;
- la macrotessitura superficiale dello strato, espressa in termini di altezza di sabbia (HS), ai sensi della Norma UNI-EN 13036-1/2002, dovrà essere media, ovvero maggiore di 0.4mm;
 - il conglomerato bituminoso, in opera, deve avere una superficie regolare;
 - l'International Roughness Index (IRI) misurato su tratti più lunghi della stessa strada dovrà risultare $IRI_{medio}/km \leq 1.2mm/m$ (deviazione standard non superiore a 0.4mm/m).

Le misure di BPN, HS, CAT e IRI dovranno essere, di norma, effettuate non prima del 60° giorno di apertura della strada al traffico né dopo il 180° giorno. I rilievi potranno essere effettuati (fatta eccezione per l'IRI) su qualsiasi tratto stradale ; nei tratti esclusi dalle misure, la Direzione Lavori potrà disporre la realizzazione di quei rilievi che riterrà necessari in relazione allo stato della pavimentazione e alle carenze funzionali individuabili visivamente.

La superficie degli strati di collegamento e di usura in conglomerato bituminoso, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di diverse dimensioni. La regolarità superficiale sarà anche verificata con un'asta rettilinea lunga 4.0m che, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato, dovrà aderirvi uniformemente. Saranno tollerati scostamenti occasionali e contenuti nel limite di 4mm. Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

Non saranno consentiti scostamenti per lo spessore dello strato finito. Saranno previste tolleranze, in più o in meno, fino al 10% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

13. SEGNALETICA ORIZZONTALE

13.1. GENERALITA'

La segnaletica orizzontale da utilizzare come guida ottica presente sul tracciato stradale ed impiegante materiali con formulazioni e tipologie applicative diverse, deve soddisfare a precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione del suo posizionamento.

Qualsiasi tipo di segnaletica orizzontale da realizzare deve essere conforme a quanto stabilito dal Nuovo Codice della Strada D.L. n°285/92, dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. n°495/92, dal D.P.R. n°610/96, dalla normativa UNI EN 1436 e dai disegni esecutivi di progetto.

13.2. CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

I materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale sono classificati nel seguente modo:

- **Pitture.** Possono essere di due tipi:
 - idropitture con microsfele di vetro post-spruzzate; la pittura deve essere costituita da una miscela di resina e plastificanti, pigmenti e materiali riempitivi, il tutto contenuto in una sospensione a base d'acqua. Il residuo volatile è considerato pari al 25%.
 - pitture a freddo con microsfele di vetro premiscelate e post-spruzzate; la pittura deve essere costituita da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e materiali riempitivi, da microsfele di vetro; il tutto disperso in diluenti e solventi idonei. Il residuo volatile è considerato pari al 25%.
- **Termoplastico.** Il materiale termoplastico deve essere costituito da una miscela di resine idrocarburiche sintetiche plastificate con olio minerale, da pigmenti ed aggregati, da microsfele di vetro, premiscelate e post-spruzzate, da applicare a spruzzo e/o per estrusione a caldo.
- **Laminati elastoplastici.** I laminati autoadesivi prefabbricati, retroriflettenti con preinserimento di materiali ad alto indice di rifrazione possono essere di tre tipi:
 - 1 - per applicazioni provvisorie;
 - 2 - per applicazioni poco sollecitate;
 - 3 - per applicazioni altamente sollecitate.

I prodotti vernicianti sono distinti in tre livelli di applicazione le cui proprietà rispondono a differenti standard qualitativi:

- a. **1° LIVELLO: applicazioni provvisorie o per zone poco sollecitate (provvisorio, emergenza, fuori stagione, condizioni atmosferiche particolari);**
- b. **2° LIVELLO: applicazioni di routine;**
- c. **3° LIVELLO: applicazioni particolari.**

13.2.1. 1° LIVELLO prodotti di tipo "a" (pitture-idropitture)

Con questi prodotti possono essere realizzati i seguenti lavori:

- segnaletica per piccoli tratti (rappezzi);
- segnaletica su pavimentazioni da ricoprire (strato di binder);
- segnaletica interna agli svincoli;
- segnaletica inerente le intersezioni esterne;
- segnaletica interna alle aree di servizio;
- segnaletica interna alle aree di parcheggio;
- zebrature;
- fascioni di arresto;
- scritte, frecce e simboli;
- piste di accelerazione e di decelerazione;
- ripasso striscia margine sinistro;
- semiellissi in zone antinebbia.

Per le lavorazioni di primo livello devono essere impiegate le idropitture, le pitture a solvente, secondo le disposizioni progettuali. Nel caso di condizioni atmosferiche non compatibile con l'applicazione delle idropitture, su indicazione della Direzione Lavori, devono essere impiegate le pitture a solvente.

13.2.2. 2° LIVELLO prodotti di tipo "b" (termoplastico)

Con questi materiali possono essere realizzati i seguenti lavori:

- segnaletica per la delimitazione delle corsie autostradali in condizioni normali;
- doppia bianca svincoli;
- piste di accelerazione e di decelerazione.

13.2.3. 3° LIVELLO prodotti di tipo "b"- "c" (termoplastico-antinebbia-elastoplastico)

Con questi materiali possono essere realizzati i seguenti lavori:

- tipo b - striscia margine destro con rilievi ottici-sonori in zone ad alta intensità nebbiosa.
- tipo c1 - segnaletica in entrata ed uscita cantieri di lunga durata.
- tipo c2:
 - margine sinistro della carreggiata;
 - margine destro della carreggiata senza emergenza;
 - zebraure.
- tipo c 3:
 - strisce discontinue;
 - margine destro con emergenza;
 - scritte, frecce e simboli;
 - fascioni di arresto;
 - linea di arresto in presenza del segnale dare precedenza.

13.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Vengono di seguito definiti i requisiti ai quali tutti i materiali impiegati nei lavori di segnaletica orizzontale, devono ottemperare per tutta la loro vita utile.

Valori minori a quelli richiesti sono considerati insufficienti per il mantenimento degli standard di sicurezza previsti.

La segnaletica orizzontale deve essere efficiente fin dalla posa in opera e questa, in termini di visibilità notturna, antiscivolosità etc. deve essere mantenuta per tutta la vita utile prevista.

Le caratteristiche prestazionali richieste sono:

- colore;**
- visibilità notturna;**
- abradibilità;**
- tempo di essiccazione.**

13.3.1. Colore

Il colore della pittura è la sensazione cromatica percepita dall'osservatore; viene definito mediante le coordinate tricromatiche riferite al diagramma colorimetrico standard C.I.E. 1931 (Commission International d'Eclairage).

I colori dei prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c devono rientrare, per tutta la loro vita utile, all'interno delle zone determinate dalle coordinate tricromatiche, rilevate secondo le metodologie di cui ai successivi articoli e riportate nella tabella seguente:

COLORE	COORDINATE TRICROMATICHE				
	Bianco permanente	(X)	0,355	0,305	0,285
(y)		0,355	0,305	0,325	0,375

Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale asciutta il fattore di luminanza deve essere pari a $\beta \geq 0.30$.

13.3.2. Retroriflessione in condizioni di illuminazione con i proiettori dei veicoli

Per misurare la retroriflessione in condizioni di illuminazione con i proiettori dei veicoli si deve utilizzare il coefficiente di luminanza retroriflessa RL.

Il valore di retroriflessione, rilevato secondo le metodologie di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c, per tutta la loro vita utile di:

- $RL \geq 100 \text{ mcd X lux }^{-1} \text{m}^{-2}$ in condizioni asciutte;
- $RL \geq 25 \text{ mcd X lux }^{-1} \text{m}^{-2}$ in condizioni di bagnato;
- $RL \geq 25 \text{ mcd X lux }^{-1} \text{m}^{-2}$ in condizioni di pioggia.

13.3.3. Valore abradibilità SRT

La segnaletica orizzontale deve possedere nelle sue caratteristiche una resistenza allo slittamento dovuto al contatto tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico in condizioni sfavorevoli.

Il valore minimo, rilevato secondo le metodologie di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c e per tutta la loro vita utile di:

$SRT \geq 45$ (british portable Skid Resistance Tester).

13.3.4. Tempo di essiccazione

Il tempo di essiccazione rilevato secondo le metodologie di cui al successivo articolo, deve rientrare nei tempi di seguito indicati.

13.3.4.1. Pitture

La pittura applicata sulla superficie stradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10 °C e +40 °C ed umidità relativa non superiore al 70% deve asciugarsi entro 15-20 min dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Le idropitture devono essere impiegate con una temperatura dell'aria superiore a 10°C e con un umidità relativa inferiore a 80%.

13.3.4.2. Termoplastico

La pittura applicata sulla superficie stradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e +40°C ed umidità relativa non superiore al 70% deve solidificarsi entro 30-40s per lo spruzzato ed entro 180-240s per l'estruso, dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccazione viene controllato in laboratorio secondo la norma ASTM D 711-55.

In presenza di superfici umide e/o con umidità relativa superiore al 70%, a discrezione della Direzione Lavori e/o per motivi di sicurezza del traffico, l'applicazione della segnaletica deve essere preceduta da una fase di asciugatura della pavimentazione (termoriscaldamento) al fine di garantire una perfetta adesione del prodotto.

13.3.4.3. Laminati

La completa essiccazione del primer, al fine di facilitare l'adesione del prodotto alla pavimentazione, deve avvenire entro 15-20 min dall'applicazione.

Dopo la rullatura i laminati devono essere immediatamente trafficabili.

13.4. CARATTERISTICHE FISICO CHIMICHE DEI MATERIALI PER SEGNALETICA ORIZZONTALE

Le caratteristiche fisico-chimiche dei materiali di segnaletica orizzontale, riportate di seguito, devono essere considerate come proprietà di riferimento per la realizzazione dei prodotti segnaletici.

13.4.1. Idropitture post-spruzzate con microsfere di vetro

Caratteristiche chimico-fisiche (per le tre pigmentazioni):

- Massa volumica (T=25°C) 1.65 - 1.7g/cmc;
- Residuo non volatile 80% in peso ± 5%;
- Quantità pigmenti 45% in peso ± 5% (riferito a 100 g di prodotto esente da microsfere);
- Quantità di TiO₂ 25% in peso ± 5% (riferito alla quantità di pigmenti);
- Quantità microsfere post-spruzzate 300g/mq;
- Ph 10 ± 0.5;

Metodi per le prove: "2", "3", "4":

- ASTM D-2832;
- F.T.M.S. 141a-4021;
- ASTM D-1394.

13.4.2. Pitture a freddo premiscelate e post-spruzzate con microsfere di vetro

Caratteristiche chimico-fisiche (per le tre pigmentazioni):

- Massa volumica (T=20°C) 1.6 - 1.9g/cmc;
- Residuo non volatile 75 - 85/100g;
- Quantità pigmenti 35 g/100g (riferito a 100g di prodotto esente da microsfere);
- Quantità di TiO₂ 30% (riferito alla quantità di pigmenti);
- Quantità microsfere premix 30%
- Quantità microsfere post-spruzzate 300g/mq

Metodi per le prove: "1", "2", "3", "4":

- F.T.M.S. 141a-4184;
- ASTM D-2832;
- F.T.M.S. 141a-4021;
- ASTM D-1394.

13.4.3. Pitture termoplastiche da applicarsi a spruzzo e/o estrusione premiscelate e post-spruzzate con microsfere di vetro

Caratteristiche chimico-fisiche (per le tre pigmentazioni)

- Massa volumica (T=20°C) 1.8 - 2.1g/cmc;

- Quantità di pigmenti 6% in peso (riferito solo al biossido di titanio TiO₂);
- Quantità pigmenti+oli 20% in peso;
- Quantità di legante (resina+oli) 20% in peso;
- Quantità microsfere premix 20% in peso;
- Quantità microsfere post-spruzzate 300g/mq.

Metodi per le prove: "1", "2", "4":

- F.T.M.S. 141a-4184;
- ASTM D-1394;
- BS 3262: Part.1: 1987.

Caratteristiche fisiche (per le tre pigmentazioni):

- Punto di rammollimento non inferiore a 80°C;
- Punto di infiammabilità non inferiore a 230°C;
- Resistenza alle escursioni termiche -25°C +80°C;
- Grado di resistenza allo SKID TESTER 50 SRT.

Metodi di prova per le prove "1", "4":

- BS 4692;
- Road Research Note n°27 (BS 3262/1976) append.G.

13.4.4. Granulometria delle microsfere

La granulometria delle sfere dovrà verificare i requisiti riportati nella tabella seguente:

GRANULOMETRIE MICROSFERE DI VETRO					
PREMISCELATURA				POSTSPRUZZATURA	
TERMOPLASTICO E TERMOCOLATO		PITTURE A SOLVENTE			
Setaccio (ISO 565) (mm)	Materiale passante (%)	Setaccio (ISO 565) (mm)	Materiale passante (%)	Setaccio (ISO 565) (mm)	Materiale passante (%)
1.00	100	250.00	100	850,00	100
0.85	75 - 100	212.00	95 - 100	590,00	80 - 95
0.60	10 - 35	180.00	85 - 100	300,00	25 - 70
0.43	0 - 10	106,00	15 - 55	180,00	0 - 15
0.36	0 - 5	63,00	0 - 10		
FUSO 1		FUSO 2		FUSO 3	

- indice di rifrazione: non inferiore a 1.52;
- esigenze di Qualità (controllo visuale):
 - minimo 85% di microsfere di vetro senza difetto (in numero)
 - massimo 5% di graniglie di vetri (in numero).
- trattamento senza silicone;
- sfericità:
 - minimo 80% per i trattenuti ai tre setacci più grandi;
 - minimo 75% per i trattenuti ai rimanenti setacci.
- trattamento microsfere post-spruzzate: le microsfere con cui si effettua la post-spruzzatura delle strisce, devono essere rivestite con agenti di accoppiamento specifici per il tipo di legante presente nel prodotto verniciante, al fine di aumentare l'aderenza tra le stesse microsfere ed il prodotto applicato.
- Le granulometrie delle microsfere devono essere determinate secondo il metodo ASTM D-1214.

13.5. NORME DI ACCETTAZIONE

I materiali da impiegare nelle lavorazioni devono essere forniti da Produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione, secondo quanto disposto dalla Circolare del Ministero LL.PP. n°2357/1996 e successive modificazioni ed integrazioni. Qualsiasi prodotto per l'esecuzione della segnaletica orizzontale deve essere approvato dalla Direzione Lavori.

Il materiale sarà accettato in relazione alla verifica di rispondenza dei campioni presentati con le caratteristiche richieste negli articoli precedenti, nonché la verifica del rispetto delle norme antinquinamento vigenti.

I campioni di materiale da sottoporre alle prove di accettazione devono essere consegnati in confezioni metalliche da 1.0kg (barattoli) sigillati con stagno e riportare su apposita fascetta o cartellino i seguenti dati:

- nome commerciale del prodotto;
- rapporto di diluizione (solo se previsto il diluente);
- caratteristiche delle microsfere di vetro (sia per le premiscelate che le post-spruzzate);
- data di produzione;

Le quantità delle singole campionature devono essere le seguenti:

- 4 kg di pittura (a - b) per ogni colore;
- 4 kg di diluente (se previsto);
- 2 kg di microsfere di vetro da premiscelare;
- 2 kg di microsfere di vetro da post-spruzzare;
- numero 3 lamierini di acciaio (dimensioni: 30x50cm, spessore 0.5mm) su cui devono essere stati applicati i prodotti

13.6. PROVE SUI MATERIALI APPLICATI

I controlli relativi alle caratteristiche prestazionali dei materiali, devono essere effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti per tutta la vita utile. Tali verifiche dovranno essere effettuate tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

Il prelievo dei materiali per le prove, deve essere effettuato dal Laboratorio di fiducia del Committente, su richiesta e sotto il controllo della Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore.

I materiali dovranno essere inviati al Laboratorio di fiducia del Committente il quale, eseguite le prove previste, invierà i risultati, nel più breve tempo possibile, alla Direzione Lavori.

Le prove a cui dovranno essere sottoposti i prodotti potranno essere eseguite in laboratorio o in cantiere con strumentazione portatile in sito e/o con macchine ad alto rendimento ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori.

13.6.1. Controlli in laboratorio

13.6.1.1. Corrispondenza tra prodotto accettato e prodotto impiegato

Il controllo della rispondenza tra prodotto accettato e quello impiegato deve essere effettuato prelevando una campionatura di minimo 4 kg dalle confezioni integre di pittura presenti sul cantiere o prelevando una pari campionatura dai serbatoi delle macchine operatrici e una quantità minima di 5.0kg di perline.

Questo prodotto deve essere sottoposto alle seguenti verifiche:

- determinazione del colore (coordinate tricromatiche);
- determinazione delle caratteristiche chimico fisiche;
- tempo di essiccazione;
- verifica della granulometria;
- verifica dell'indice di rifrazione;
- verifica della qualità delle perline.

13.6.1.2. Numero controlli

Tali prelievi devono essere effettuati per ogni tipo di materiale impiegato (pitture a freddo, termoplastico, etc.) e per ogni partita pervenuta in cantiere.

13.6.2. Controlli con strumentazione portatile in sito

13.6.2.1. Colore

I controlli delle coordinate tricromatiche devono essere eseguiti con uno strumento dotato di una sorgente luminosa avente una distribuzione spettrale del tipo D65, come definito dalla norma ISO/CIE 10526.

La configurazione geometrica di misura da impiegare deve essere la 45/0, con un angolo di illuminazione di $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ e un angolo di osservazione di $0^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Gli angoli si intendono misurati rispetto alla normale alla superficie della segnaletica.

La superficie minima misurata deve essere di 5 cmq.

Per superfici molto rugose, la superficie di misurazione deve essere superiore a 25cmq.

Il valore delle coordinate tricromatiche deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

- **linee longitudinali.** Deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri). In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori delle coordinate cromatiche.
- **simboli.** Per ogni simbolo, il valore delle coordinate tricromatiche, deve essere dato dalla media di cinque letture.
- **lettere.** Per ogni lettera, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di tre letture.
- **linee trasversali.** Per ogni striscia trasversale, il valore delle coordinate tricromatiche, deve essere dato dalla media di cinque letture.

13.6.2.2. Visibilità notturna

I controlli dei valori di retroriflessione devono essere eseguiti con l'apparecchio "ECOLUX - L.C.P.C." con un angolo di incidenza di 86° 30' e l'angolo di divergenza di 1°.

Il valore di retroriflessione deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

- **linee longitudinali.** Deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri). In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo dieci letture dei valori di retroriflessione.
- **simboli.** Per ogni simbolo, il valore di retroriflessione deve essere dato dalla media di dieci letture.
- **lettere.** Per ogni lettera, il valore di retroriflessione deve essere dato dalla media di tre letture.
- **strisce trasversali.** Per ogni striscia trasversale, il valore di retroriflessione deve essere dato dalla media di dieci letture.

13.6.2.3. Abradibilità

I controlli dei valori di abradibilità devono essere eseguiti con l'apparecchio "Skid Tester Resistance", consistente in un pendolo oscillante accoppiato ad un cursore di gomma nella sua estremità libera.

Lo strumento in oggetto rileva la perdita di energia del pendolo, causata dalla frizione del cursore in gomma su una data area del segnale orizzontale, con risultato espresso in unità SRT.

Il valore di abradibilità deve essere dato dalla media di cinque letture eseguite in ogni singolo punto scelto, nel tratto riferito ai rapportini giornalieri, se i valori rilevati non differiscono di più di tre unità; altrimenti devono essere effettuate misure successive finché si otterranno cinque valori che non differiscono di più di tre unità.

13.7. ESECUZIONE DEI LAVORI

Le superfici interessate dalla segnaletica orizzontale devono essere accuratamente pulite in modo da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. È vietata l'eliminazione di tracce di olio o grasso a mezzo di solventi.

L'applicazione dei materiali deve avvenire su superfici asciutte e deve essere effettuata con mezzi meccanici idonei, cercando, inoltre, di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata.

La posa in opera dei materiali per segnaletica orizzontale deve essere eseguita secondo quanto stabilito dagli elaborati progettuali.

La eventuale rimozione della segnaletica orizzontale deve essere eseguita con sistemi che prevedono l'impiego di mezzi meccanici, che non modifichino la regolarità della pavimentazione creando solchi (tipo pallinatrice), esplicitamente approvati dalla Direzione Lavori.

13.8. PENALI

Qualora i risultati delle certificazioni relativi sia alla qualità che alla posa in opera dei materiali, ottenuti dalle prove predisposte dalla Direzione Lavori, non fossero rispondenti a quanto prescritto dalle presenti Norme Tecniche, dovranno essere applicati i seguenti provvedimenti.

13.8.1. Certificazione di qualità

I materiali forniti da Produttori che non sono in possesso dei requisiti previsti dalla Circolare del Ministero LL.PP. n°2357/1996 e quanto altro espresso nelle presenti Norme, non saranno accettati.

13.8.2. Prodotti non approvati

L'uso di prodotti non approvati dalla Direzione Lavori comporterà il non pagamento dei lavori eseguiti.

13.8.3. Vita utile della segnaletica orizzontale

Durante il periodo della vita utile della segnaletica orizzontale, l'Appaltatore dovrà provvedere, a propria cura e spese, a tutti i ripristini e rifacimenti che si dovessero rendere necessari (anche se non esplicitamente richiesto dalla Direzione Lavori) a causa della carenza, anche di una sola, delle caratteristiche prestazionali richieste, come indicato dalle presenti Norme.

14. SEGNALETICA VERTICALE

14.1. GENERALITA'

I materiali adoperati per la fabbricazione dei segnali dovranno essere della migliore qualità in commercio e la D.L. potrà chiedere certificati di analisi o copie fotostatiche, rilasciati da riconosciuti istituti specializzati, competenti ed autorizzati, per tutti o parte dei materiali usati.

Le diverse prove ed analisi da eseguire sui campioni saranno prescritte ad esclusivo giudizio della direzione lavori e l'onere relativo sarà la ditta aggiudicataria.

L'Amministrazione intende disporre dei certificati di conformità relativi alle pellicole retroriflettenti che verranno impiegate nelle forniture, Pertanto la ditta aggiudicataria dovrà procurare che copia di tale documentazione recante gli estremi della fornitura cui si riferisce venga inviata a questa Amministrazione dal produttore delle pellicole.

14.2. PARTI METALLICHE

I segnali saranno costruiti in lamiera di ferro di prima scelta dello spessore non inferiore a 10/10mm oppure in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99% (Norme Uni 4507) dello spessore non inferiore a 25/10mm.

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola. I segnali di pericolo in lamina di ferro ed alluminio con lato superiore ai 60cm dovranno essere rinforzati lungo il lato inferiore con una traversa orizzontale in lamiera di ferro, o di alluminio piegata ad omega.

Analogo procedimento di rinforzo dovrà essere impiegato per frecce di indicazione e per le appendici ai segnali mediante due rinforzi ad "omega" con cave aperte che comprendano orizzontalmente tutto il segnale.

I segnali di obbligo con diametro 90cm dovranno essere realizzati con due traverse di irrigidimento orizzontali. Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di 1.25mq i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento. Qualora infine i segnali siano costituiti da due o più pannelli contigui questi dovranno essere perfettamente accostati mediante angolari, in metallo resistente alla corrosione, opportunamente forati e muniti di un sufficiente numero di bulloncini zincati. La lamiera di ferro dovrà essere prima decapata e quindi fosfatizzata mediante procedimento di bonderizzazione per ottenere sulle superfici della lamiera uno strato di cristalli salini protettivi e ancorati per la successiva verniciatura. Il materiale grezzo dopo aver subito i suddetti processi di preparazione dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti, secondo il tipo di metallo, e la cottura a forno dovrà raggiungere una temperatura di 140°. Il retro e la scatola dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro opaco con speciale smalto sintetico.

A tergo di ogni segnale ed appendice dovrà essere indicato il marchio della ditta fabbricante, la sigla del Committente, nonché l'anno di fabbricazione del cartello che dovrà corrispondere all'anno di installazione. Per i segnali di obbligo sarà riportata la dicitura "Ord. n. del....."(art. 77 del Regolamento N.C.S. D.P.R. n°495/1992).

Per la segnaletica verticale costituita da:

- segnali di pericolo;
- segnali di precedenza;
- segnali di divieto;
- segnali d'obbligo;
- pannelli integrativi e targhe di superficie inferiore a 0.60mq.

si dovrà usare un attacco tipo "fisso".

Per la segnaletica verticale costituita da :

- segnali di preavviso, di preselezione, di direzione e di localizzazione;
- pannelli integrativi e targhe di superficie superiore a 0.60mq.

si dovrà usare un attacco di tipo "universale o scorrevole" a canaletta con sezione a cave aperte.

Ogni segnale fornito o posato dovrà essere completo di staffe, controstaffe in acciaio zincato o in lega di alluminio e bulloni pure zincati interamente filettati da 7.50cm con testa da 13mm.

14.3. PELLICOLE RETRORIFLETTENTI

Sulla facciata a vista dei supporti metallici, preparati e verniciati come al precedente punto, dovranno essere applicate pellicole retroriflettenti, aventi caratteristiche secondo quanto prescritto per ciascun segnale, delle seguenti tipologie:

- **Pellicole di Classe 1 a normale intensità luminosa;**

- Pellicole di Classe 2 ad alta intensità luminosa;
- Pellicole di Classe 2 "Special" ad altissima risposta luminosa.

Sui triangoli ed i dischi della segnaletica di pericolo, divieto, di obbligo, la pellicola retroriflettente dovrà costituire un rivestimento senza soluzione di continuità di tutta la faccia del cartello, nome convenzionale "a pezzo unico", intendendo definire con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, sagomato secondo la forma del segnale, stampato mediante metodo serigrafico con speciali pate trasparenti per le parti colorate e nere opache per i simboli.

La stampa dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante delle pellicole retroriflettenti e dovrà mantenere inalterate le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola retroriflettente.

I colori da impiegare sui segnali stradali, realizzati sia con pellicola retroriflettente stampata, che colorata all'origine, dovranno avere coordinate colorimetriche comprese entro quelle fissate dalla tabella che segue, mentre la riflettenza percentuale dovrà essere al di sopra di quella minima prevista dalla suddetta tabella.

COORDINATE PUNTI DEL DIAGRAMMA COLORIMETRICO (C.I.E. 1931)						FATTORE DI LUMINANZA (β)	
Colore	Illuminante normalizzato D65, geometria 45/0				Pellicole		
		1	2	3	4	Classe 1	Classe 2
Bianco	x	0.350	0.300	0.285	0.335	> 0.35	> 0.27
	y	0.360	0.310	0.325	0.375		
Giallo	x	0.545	0.487	0.427	0.465	> 0.27	> 0.16
	y	0.454	0.423	0.483	0.534		
Rosso	x	0.690	0.595	0.569	0.655	> 0.03	
	y	0.310	0.315	0.341	0.345		
Verde	x	0.007	0.248	0.177	0.026	> 0.03	
	y	0.703	0.409	0.362	0.399		
Blu	x	0.078	0.150	0.210	0.137	> 0.01	
	y	0.171	0.220	0.160	0.038		
Arancio	x	0.610	0.535	0.506	0.570	> 0.15	
	y	0.390	0.375	0.404	0.429		
Marrone	x	0.455	0.523	0.479	0.558	$0.03 < \beta < 0.09$	
	y	0.397	0.429	0.373	0.394		
Grigio	x	0.350	0.300	0.285	0.335	$0.12 < \beta < 0.18$	
	y	0.360	0.310	0.325	0.375		
Nero	x	-	-	-	-	< 0.03	
	y	-	-	-	-		

Tab. 24.1 - Coordinate dei limiti cromatici dei colori nel segnalamento stradale per pellicole classe 1 e 2

I segnali di forma triangolare, circolare ed i pannelli quadri e rettangolari dovranno essere conformi alle tipologie previste dall'art.80 del D.P.R. n°495/1992.

Per quanto riguarda la segnaletica di indicazione (freccie, preavvisi di bivio, ecc.) essa dovrà essere interamente riflettorizzata, sia per quanto concerne il fondo del cartello che i bordi, i simboli e le iscrizioni, in modo che tutti i segnali appaiano di notte secondo lo schema di colori con il quale appaiono di giorno, in ottemperanza al Regolamento del Nuovo Codice della Strada.

Per i segnali di indicazione il codice colori, la composizione grafica, la simbologia, i caratteri alfabetici componenti le iscrizioni devono rispondere a quanto stabilito dal Nuovo Codice della Strada e Regolamento d'Attuazione. In ogni caso l'altezza dei caratteri alfabetici componenti le iscrizioni (determinabili) come da tabella Il 16 deve essere tale da garantire una distanza di leggibilità non inferiore a 100m per le strade extraurbane secondarie e 60m per le strade di tipo F.

Quando i segnali di indicazione saranno di tipo perfettamente identico ed in numero tale da giustificare in senso economico le spese per l'attrezzatura di stampa essi saranno interamente realizzati con metodo serigrafico.

Le pellicole rifrangenti dovranno essere applicate ai supporti metallici mediante apposita apparecchiatura che sfrutti l'azione combinata della depressione e del calore.

Tutti i segnali saranno muniti di attacchi speciali che eliminino la foratura dei cartelli.

I collari e la bulloneria necessaria per l'installazione del segnale devono essere zincati ed il prezzo deve ritenersi compreso in quello dei singoli segnali.

14.3.1. Pellicole Classe 1 (a normale risposta luminosa)

Le pellicole retroriflettenti di Classe 1 a normale risposta luminosa dovranno essere costituite da elementi sferici di vetro incorporati in un film di materiale plastico flessibile, trasparente ed a superficie esterna perfettamente liscia.

Esse dovranno essere conformi al disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti approvato con D.M. del 31.03.95 e successive modifiche.

Il coefficiente areico di intensità luminosa dovrà rispondere ai valori minimi prescritti nella seguente tabella e dovrà mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione all'esterno in condizioni medio ambientali.

Entro tale periodo la pellicola non dovrà presentare segni visibili di alterazione (bolle, screpolature, distacchi, cambiamenti di colore e dimensione).

Per i colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore bianco di base, il coefficiente areico di intensità luminosa non dovrà essere inferiore al 70% dei valori minimi indicati per i colori di riferimento riportati nella tabella che segue.

ANGOLI		VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITA' LUMINOSA (cd lux ⁻¹ m ⁻²)						
Angolo di divergenza α	Angolo di illuminazione β_1 ($\beta_2 = 0$)	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio
	5°	70	50	14.5	9	4	1	25
12°	30°	30	22	6	3.5	1.7	0.3	10
	40°	10	7	2	1.5	0.5	0.1	2,2
	5°	50	35	10	7	2	0.6	20
20°	30°	24	16	4	3	1	0.2	8
	40°	9	6	1.8	1.2	0.1	0.1	2.2
	5°	5	3	1	0.5	0.1	0.1	1.2
2°	30°	2.5	1.5	0.5	0.3	0.1	0.1	0.5
	40°	1.5	1	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1

Tab. 24.2 - Pellicole di Classe 1 a normale risposta luminosa

14.3.2. Pellicole Classe 2 (ad alta risposta luminosa)

Le pellicole retroriflettenti di Classe 2 ad alta risposta luminosa dovranno essere costituite da un film in materiale plastico acrilico colorato in pasta, trasparente, tenace, resistente agli agenti atmosferici a superficie esterna perfettamente liscia.

Esse dovranno essere conformi al disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti approvato con D.M. del 31.03.95 e successive modifiche.

Le proprietà di retroriflettanza dovranno derivare da un sistema ottico sottostante al film acrilico e costituito da uno strato uniforme di microsferi di vetro perfettamente rotonde e ad elevatissimo indice di rifrazione, tenute assieme per mezzo di opportuna resina sintetica.

Le pellicole dovranno essere fornite posteriormente di un adesivo sensibile alla pressione o di adesivo a secco da attivare con il calore steso uniformemente e protetto da un foglio sottile di polietilene, facilmente asportabile con le sole dita al momento dell'applicazione.

Il coefficiente areico di intensità luminosa dovrà rispondere ai valori minimi prescritti nella seguente tabella e dovrà mantenere almeno l'80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione all'esterno in condizioni medio ambientali.

I segnali di cui all'art.79, comma 12, del D.P.R. n°495/1992 dovranno essere realizzate interamente ed unicamente in pellicola retroriflettente ad elevata efficienza (classe 2).

ANGOLI		VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITA' LUMINOSA (cd lux ⁻¹ m ⁻²)						
Angolo di divergenza α	Angolo di illuminazione β_1 ($\beta_2 = 0$)	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio

12°	5°	250	170	45	45	20	12	100
	30°	150	100	25	25	11	8,5	60
	40°	110	70	15	12	8	5	29
20°	5°	180	120	25	21	14	8	65
	30°	100	70	14	12	8	5	40
	40°	95	60	13	11	7	3	20
2°	5°	5	3	1	0.5	0.2	0.2	1.5
	30°	2.5	1.5	0.4	0.3	0.1	0.1	1
	40°	1.5	1	0.3	0.2	0.1	0.1	1

Tab. 24.3 - Pellicole di Classe 2 ad alta risposta luminosa

14.3.3. Pellicole Classe 2 “Special” (ad altissima risposta luminosa)

Le pellicole retroriflettenti ad altissima risposta luminosa dovranno avere una durata di 10 anni, munite di certificazione per la classe 2, ma aventi caratteristiche prestazionali superiori alle pellicole di classe 2 di cui al punto precedente.

Le caratteristiche prestazionali dovranno essere conformi al Disciplinare Tecnico approvate dal D.M. del 31.03.1995, da utilizzarsi in specifiche situazioni stradali:

- segnaletica che per essere efficiente richiede una maggiore visibilità alle brevi e medie distanze;
- segnali posizionati in modo tale da renderne difficile la corretta visione ed interpretazione da parte del conducente del veicolo;
- strade ad elevata percorrenza da parte di mezzi pesanti;
- strade con forte illuminazione ambientale.

Al fine di realizzare segnali stradali efficaci per le suddette specifiche situazioni dette pellicole retroriflettenti dovranno possedere caratteristiche di grande angolarità superiori così come definite dalla seguente tabella relativa alle caratteristiche fotometriche (coefficiente areico di intensità luminosa):

ANGOLI		VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITA' LUMINOSA (cd lux ⁻¹ m ⁻²)				
Angolo di divergenza α	Angolo di illuminazione β_1 ($\beta_2 = 0$)	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu
1°	5°	80	65	20	10	4
	30°	50	40	13	5	2.5
	40°	15	13	5	2	1
1.5°	5°	20	16	5	2.5	1
	30°	10	8	2.5	1	0.5
	40°	5	4.5	1.5	0.5	0.25

Tab. 24.4 - Pellicole di classe 2 “Special” ad altissima risposta luminosa

Un rapporto di prova, rilasciato da un Istituto di misura previsto dal D.M. del 31.03.95, attestante che le pellicole retroriflettenti soddisfano i sopradetti requisiti, potrà essere richiesto, unitamente alla certificazione di classe 2 prevista dallo stesso D.M. del 31.3.95, dalla Direzione Lavori in occasione dell'eventuale utilizzo di tali materiali speciali.

Potrà essere richiesto che tale pellicola speciale sia inoltre dotata di un sistema anticondensa che oltre alle caratteristiche fotometriche e prestazionali di cui sopra, sarà composta da materiali tali da evitare la formazione di condensa sul segnale stesso durante le ore notturne in cui essa si viene a formare.

Detta caratteristica è definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua sul segnale stessa non superiore a 25° (venticinque gradi).

Detta misurazione si intende effettuata con strumenti per misura delle tensioni superficiali “Krus” con acqua distillata ed alla temperatura di 22°. In tal caso tali caratteristiche dovranno essere attestate nel rapporto di prova di cui sopra.

14.4. PORTALI A CAVALLETTO, BANDIERA E FARFALLA

Le strutture saranno tutte monotrave con unico ritto ad esclusione di quelle a cavalletto dotate di un ritto a destra e di uno a sinistra. La traversa verrà collegata al ritto o ai ritti mediante flangiatura. L'altezza sarà tale da consentire un franco utile di 5.50m dal piano viabile.

Il fissaggio alla fondazione avverrà con flangiatura della piastra di base alla contropiastra, mediante tirafondi annegati nel calcestruzzo. I calcoli di stabilità verranno eseguiti, a spese dell' Appaltatore, da tecnici abilitati, e condotti secondo le vigenti disposizioni di legge, per una spinta dovuta dal vento a 150km/h e secondo il D.M. del 17/01/2018. Sia i ritti che le travi saranno a sezione rettangolare o quadra, in tubolare commerciale oppure in tubolare ottenuto con lamiere piane piegate a "C" e poi saldate longitudinalmente.

- **con strutture in acciaio.** Le strutture saranno realizzate interamente in acciaio tipo 1 con carico di snervamento inferiore a 2400kg/cm². Il trattamento protettivo è costituito da una profonda zincatura a caldo in bagno di zinco in vasca senza ulteriori operazioni di verniciatura. La garanzia di durata sarà di dieci anni e per tale periodo le strutture non dovranno richiedere interventi manutentivi.
- **con strutture in alluminio.** Le strutture saranno realizzate interamente in alluminio, i ritti e le travi avranno sezione rettangolare o quadra e verranno ricavati in lamiera piana, piegata a "C" e successivamente saldata longitudinalmente sino a costruire il profilo chiuso. I portali in alluminio lasciato al naturale, senza trattamenti protettivi, saranno inalterabili nel tempo e non richiederanno interventi manutentivi.
- **posa in opera.** Dovrà essere eseguita da personale specializzato dotato di apposita attrezzatura di sollevamento comprese le operazioni di trasporto e montaggio delle strutture a portale.

14.5. GARANZIE PER LA SEGNALETICA VERTICALE

L'Appaltatore dovrà garantire la perfetta conservazione della segnaletica verticale, sia con riferimento alla sua costruzione, sia in relazione ai materiali utilizzati, per tutto il periodo di vita utile, secondo quanto di seguito specificato:

- Segnali in alluminio con pellicola retroriflettente:
 - **Classe 1 a normale intensità luminosa** - Mantenimento dei valori fotometrici entro il 50% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 7 anni in condizioni di normale esposizione all'esterno.
 - **Classe 2 ad alta intensità luminosa** - Mantenimento dei valori fotometrici entro il 50% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 10 anni in condizioni di normale esposizione all'esterno.
 - **Classe 2 "Special" altissima intensità luminosa.** Mantenimento dei valori fotometrici entro il 50% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 10 anni in condizioni di normale esposizione all'esterno.
- Le coordinate colorimetriche dovranno essere comprese nelle zone specifiche di ciascun colore per tutto il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente.
- Entro il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente non si dovranno avere sulla faccia utile rotture, distacchi od altri inconvenienti della pellicola che possano pregiudicare la funzione del segnale.
- Le saldature ed ogni altro mezzo di giunzione fra il segnale ed i suoi elementi strutturali, attacchi e sostegni dovranno mantenersi integri ed immuni da corrosione per tutto il periodo di vita utile garantita per tipo di materiale retroriflettente.

Saranno pertanto effettuate, a totale cura e spesa dell'Appaltatore, la sostituzione ed il ripristino integrale di tutte le forniture che abbiano a deteriorarsi, o deformarsi per difetto dei materiali di lavorazione e di costruzione, entro un periodo di cinque anni dalla data di consegna del materiale per i segnali in pellicola di Classe 1 a normale efficienza e di sette anni per i segnali in pellicola di Classe 2 ad alta efficienza.

Negli anni successivi rimarrà a carico dell'Amministrazione acquirente una quota parte del costo del segnale come sotto specificato:

SEGNALI CON PELLICOLA IN CLASSE 1		SEGNALI CON PELLICOLA IN CLASSE 2	
Anni di garanzia	Quota a carico dell'Ente	Anni di garanzia	Quota a carico dell'Ente
6	50%	8	50%
7	60%	9	60%

14.6. PARACARRI, INDICATORI CHILOMETRICI E TERMINI DI CONFINE IN PIETRA

I paracarri, gli indicatori chilometrici ed i termini di confine in pietra, della forma e dimensioni indicate nei tipi allegati al contratto, per la parte fuori terra, saranno lavorati a grana ordinaria secondo le prescrizioni di cui all'art. "Pietra da taglio".

Il loro collocamento in opera avrà luogo entro fosse di convenienti dimensioni, sopra un letto di ghiaia o di sabbia di altezza di 10cm e si assicureranno nella posizione prescritta riempiendo i vani laterali contro le pareti della fossa con grossa ghiaia, ciottoli, o rottami di pietre fortemente battuti. Allorquando i paracarri siano posti a difesa di parapetti in muratura, si dovrà evitare ogni contatto immediato con i medesimi lasciando un conveniente intervallo.

In alcuni tratti del ciglio stradale a valle, o nei luoghi che la Direzione dei lavori crederà opportuno designare, verranno eseguiti parapetti o barriere in cemento armato, della forma e dimensioni indicate sui disegni.

Nei bordi esterni dei tornanti, in tutte le curve a piccolo raggio, nei tratti a scarpata ripida o fiancheggianti corsi d'acqua, trincee ferroviarie, ecc., a richiesta della Direzione dei lavori, potranno impiegarsi barriere di acciaio ondulato.

Ove previsto da progetto, dovranno essere installate apposite barriere di sicurezza, con o senza mancorrente, in acciaio zincato costituite da una fascia orizzontale avente categoria sagomata a doppia onda fissata a montanti in profilato metallico, infissi su manufatti o nel terreno, e da eventuale mancorrente in tubo d'acciaio zincato da 50mm; le barriere dovranno essere complete di pezzi speciali, bulloneria, catarifrangenti ed ogni altro accessorio necessario.

Le barriere di sicurezza dovranno avere caratteristiche tali da impedire la fuoriuscita del veicolo dalla sede stradale e nello stesso tempo da non respingerlo sulla corsia di traffico; a tale fine è necessario che la struttura della barriera presenti una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto, in modo tale che sia i sostegni sia le fasce presentino uguale deformazione sotto l'azione degli urti.

Le fasce, di altezza non inferiore a 300mm, dovranno essere fissate ai sostegni in modo che il loro asse risulti ad un'altezza di 45cm dal piano della pavimentazione finita; l'interasse dei sostegni dovrà, di norma, essere compreso tra i 3.0 - 4.0m; nelle curve o in altri casi particolari, l'interasse dovrà essere ridotto secondo le indicazioni del progettista.

Le fasce dovranno essere collegate tra loro ed ai sostegni mediante bulloni, staffe ed altri sistemi che non comportino saldature da fare in opera in modo che ogni pezzo della fascia possa essere sostituito senza demolizione e ricostruzione di giunti, ma esclusivamente con operazioni meccaniche di smontaggio e montaggio.

I giunti, ottenuti con sovrapposizione delle fasce di 30cm collegate fra loro e fissate al montante con bulloni atti a garantire la resistenza richiesta, non dovranno presentare risvolti e risalti in senso contrario alla marcia dei veicoli. Ad intervalli non superiori a 4.00m, dovranno essere installati dispositivi rifrangenti aventi area non inferiore a 50cmq, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

I manufatti di attraversamento superiori alla sede ferroviaria, dovranno essere muniti di barriere di sicurezza del tipo a doppio stadio di deformazione e così costituite:

- il primo stadio soffice, costituito da un profilato o ondulato e da sostegni deformabili fissati al secondo stadio, non in corrispondenza dei montanti di sostegno;
- il secondo stadio, costituito da profilati orizzontali direttamente collegati ai montanti di sostegno, con caratteristiche di maggior rigidità.

I montanti delle barriere, nel caso in cui sia previsto il mancorrente, dovranno essere forati nella parte terminale in modo da poter contenere il tubo di acciaio zincato costituente il mancorrente.

Nel caso di utilizzo di recizioni e/o cancelli in legno salvo diversa indicazione contenuta negli allegati progettuali, si dovrà utilizzare pino trattato in autoclave secondo le norme DIN 68800 delle dimensioni e secondo le modalità indicate negli elaborati di progetto.

Lungo le strade ove sia previsto il transito di persone, dovranno essere previsti appositi percorsi preferenziali per la viabilità pedonale realizzati mediante marciapiedi.

Le dimensioni e la categoria trasversale dei marciapiedi saranno definiti dai disegni di progetto; le caratteristiche principali dei materiali e quelle inerenti la realizzazione sono di seguito definite.

I marciapiedi saranno di norma delimitati (verso il piano viario) da un cordolo in conglomerato cementizio prefabbricato (o in pietra da taglio); le dimensioni del cordolo saranno specificate nei disegni di progetto.

Gli elementi costituenti i cordoli, rettilinei o curvilinei con spigoli vivi o arrotondati, dovranno essere dotati di idonei sistemi di incastro (maschio/femmina) ed i giunti dovranno essere sigillati con malta cementizia. I cordoli dovranno essere posati su malta di allettamento di tipo cementizio e dovranno essere realizzati in maniera tale da consentire il convogliamento ed il regolare deflusso delle acque meteoriche.

Per tutte le categorie di strade dovranno essere realizzate idonee opere per la captazione e lo smaltimento delle acque piovane. A tale scopo, contemporaneamente alla formazione della sede stradale, dovranno essere predisposte apposite cunette secondo le tipologie previste da progetto.

Di norma le cunette, i pozzetti di raccolta e gli imbocchi di raccordo al piano stradale saranno realizzati in conglomerato cementizio vibrato. Le condotte di allontanamento saranno realizzate in accordo alle prescrizioni.

Le cunette saranno di norma costituite da elementi prefabbricati, di forma trapezoidale o ad L, in conglomerato cementizio armato con maglia 12x12cm in fili di acciaio da j 5mm. Il conglomerato cementizio dovrà avere una classe non inferiore a C20/25MPa.

I pozzetti di raccolta e i raccordi d'imbocco potranno essere realizzati con elementi prefabbricati o direttamente gettati in opera. Il conglomerato cementizio dovrà avere caratteristiche analoghe a quelle delle cunette e le armature dovranno essere proporzionate alla dimensione degli elementi.

La posa degli elementi prefabbricati dovrà essere realizzata, previa effettuazione di uno scavo di categoria corrispondente a quella dei prefabbricati, su sottofondo di materiale arido debitamente regolarizzato e costipato. I giunti tra i vari elementi dovranno essere sigillati con malta cementizia. Al fine di garantire la stabilità degli elementi prefabbricati, dovranno essere previsti idonei sistemi di ancoraggio al terreno opportunamente intervallati.

15. BARRIERE DI SICUREZZA

15.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione, l'omologazione, la realizzazione e l'impiego delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali, sono regolati dall'attuale normativa:

- D.M. n°223 del 18/02/1992 "Regolamento recante le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. del 15/10/1996 "Aggiornamento del D.M. n.223 del 18/02/1992 recante le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. del 03/06/1998 "Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione";
- D.M. del 11/06/1999 "Integrazioni e modificazioni al D.M. del 03/06/1998 - Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. n°2367 del 21/06/2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradali";
- Direttiva n°3065 del 25/06/2004 "Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- Norme UNI EN 1317/2007;
- D.M. del 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministeriale n°62032 del 21/07/2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- D.M. del 28/06/2011 "Disposizione sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale".

15.2. CLASSIFICAZIONE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA STRADALE

A seconda della loro destinazione ed ubicazione, le barriere ed i dispositivi di sicurezza si dividono nei seguenti tipi:

- barriere centrali da spartitraffico;
- barriere laterali, in rilevato o scavo;
- barriere per opere d'arte, quali ponti, viadotti, sottovia, muri, etc.;
- barriere o dispositivi per punti singolari quali attenuatori d'urto, letti di arresto o simili, dispositivi per zone di approccio ad opere d'arte, per ostacoli fissi, per zone terminali e/o di interscambio e simili.

15.3. FINALITA' DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI

Le barriere stradali di sicurezza e gli altri dispositivi di ritenuta stradali sono posti in opera essenzialmente al fine di realizzare accettabili condizioni di sicurezza per gli utenti della strada e per i terzi esterni, eventualmente presenti, garantendo entro certi limiti il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale.

Le barriere devono quindi essere idonee, ad assorbire parte dell'energia di cui è dotato il veicolo in movimento, limitando contemporaneamente gli effetti d'urto sui passeggeri.

15.4. INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DA PROTEGGERE

La protezione deve riguardare almeno:

- i bordi di tutte le opere d'arte all'aperto; quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna. La protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente escluso il rischio di conseguenze disastrose derivanti dalla fuoriuscita dei veicoli dalla carreggiata;
- lo spartitraffico ove presente;
- il bordo stradale nelle sezioni in rilevato. La protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (edifici da proteggere o simili);

- gli ostacoli fissi che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberature, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, etc. e gli oggetti che in caso di urto potrebbero comportare pericolo per i non utenti della strada, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali, etc.. Occorre proteggere i suddetti ostacoli ed oggetti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza. Tale distanza varia in funzione dei seguenti parametri: velocità di progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità dell'ostacolo.

15.5. LIVELLI DI CONTENIMENTO E SEVERITA' DEGLI IMPIATTI

Viene definito convenzionalmente, ai fini della classificazione delle barriere e degli altri dispositivi, "Livello di contenimento Lc" l'energia cinetica posseduta dal mezzo all'atto dell'impatto, calcolata con riferimento alla componente della velocità ortogonale alle barriere.

Viene poi definito convenzionalmente, ai fini della classificazione della severità degli impatti, l'indice ASI (Indice di Severità dell'Accelerazione) che misura la severità dell'urto sugli occupanti delle autovetture considerati seduti con cinture di sicurezza allacciate.

15.6. CONFORMITA' DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI

Ai fini della produzione ed accettazione delle barriere di sicurezza ed altri dispositivi, i loro materiali componenti dovranno avere le caratteristiche costitutive descritte nella documentazione presentata per l'omologazione; i supporti parimenti dovranno essere conformi a quanto previsto nella predetta documentazione e riportato sul certificato di omologazione.

Tutte le barriere, sia del tipo prefabbricato prodotto fuori opera od in stabilimento, sia del tipo costruito in opera, dovranno essere realizzate con le stesse caratteristiche di cui sopra, risultanti da una dichiarazione di conformità di produzione che nel caso di barriera con componentistica di più origini, dovrà riguardare ogni singolo componente strutturale.

Tale dichiarazione dovrà essere emessa dalla Ditta produttrice e sottoscritta dal suo Direttore Tecnico a garanzia della rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al "Certificato di omologazione".

L'attrezzatura posta in opera inoltre dovrà essere identificabile con il nome del produttore e la sigla di omologazione (tipo e numero progressivo).

Dovrà inoltre essere resa una dichiarazione di conformità di installazione nella quale il Direttore Tecnico dell'Appaltatore installatrice garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato di omologazione".

Queste dichiarazioni dovranno essere associate, a seconda dei casi, alle altre attestazioni, previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro.

15.7. CLASSIFICAZIONE DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA SPECIALI

Tutte le barriere ed i dispositivi di ritenuta ed attenuazione di tutte le classi devono corrispondere ad un indice ASI minore o uguale ad 1 ottenuto con una autovettura, secondo le prescrizioni tecniche che seguono. È ammesso un indice ASI fino a 1.4 per le barriere ed i dispositivi destinati a punti particolarmente pericolosi nei quali il contenimento del veicolo in svio diviene un fattore essenziale ai fini della sicurezza.

Le barriere si classificano, in relazione al livello di contenimento definito in precedenza con tolleranza in meno pari al -5% e tolleranza in più correlata a quella ammissibile per i parametri di prova; si dovrà specificare anche la larghezza utile per la deformazione trasversale (di cui alle procedure di misurazione delle prove).

Si avrà:

- CLASSE N1 - Contenimento minimo Lc = 44 kJ
- CLASSE N2 - Contenimento medio Lc = 82 kJ
- CLASSE H1 - Contenimento normale Lc = 127 kJ
- CLASSE H2 - Contenimento elevato LC = 288 kJ
- CLASSE H3 - Contenimento elevatissimo Lc = 463 kJ
- CLASSE H4 - Contenimento per tratti ad altissimo rischio Lc = 572 kJ

Le barriere impiegate per punti singolari, quali zone di approccio ad opere d'arte e terminali di barriere o simili, non sono sempre classificabili in base a livello di contenimento specifico ed il loro impiego sarà curato dal tecnico progettista o dal Direttore Lavori.

I terminali sono definiti come gli elementi finali di una barriera di sicurezza corrente. La loro origine, per quanto possibile, non deve essere esposta al traffico, e la loro costruzione deve rappresentare una transizione con contenimento graduale dei veicoli, da zero, all'origine, fino alle prestazioni complete, nel punto in cui si uniscono alla barriera.

Gli attenuatori d'urto hanno lo scopo di ridurre, quando necessario, la severità dell'urto di un'autovettura contro gli ostacoli, compreso anche l'inizio delle barriere. Per essi sono definite due classi di contenimento TC1 e TC2 sempre con le stesse tolleranze menzionate precedentemente.

- Classe TC1 - Attenuatori che ammettono un livello di contenimento $L_c = 320$ kJ.
- Classe TC2 - Attenuatori che ammettono un livello di contenimento $L_c = 500$ kJ.

Nell'ambito di queste classi, un'ulteriore suddivisione è rappresentata dal comportamento del dispositivo nel caso di urto angolato rispetto alla linea di mezzeria del dispositivo stesso:

- Attenuatori Redirettivi (R) - contengono e ridirigono i veicoli urtati;
- Attenuatori Non Redirettivi (NR) - contengono, ma non ridirigono i veicoli urtati.

15.8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

15.8.1. Qualità dei materiali

- **Caratteristiche dell'acciaio.** L'acciaio impiegato per le barriere ed i parapetti dovrà essere esente da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra, per qualità, spessori e finiture. La qualità deve essere di tipo UNI EN 10025 - S275 JR (ex Fe 430 B UNI 7070), ad eccezione dei nastri a tre onde che dovranno essere costruiti con acciaio di qualità UNI EN 10025 - S235 JR (ex Fe 360 B UNI 7070).

L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303/1994 - Classe 1.

- **Tolleranze dimensionali.** Nella costruzione dei profilati di acciaio formati a freddo si dovranno rispettare le prescrizioni e tolleranze previste dalle norme UNI 7344/85. Per le tolleranze di spessore, la Stazione Appaltante riterrà validi i valori riportati nella tabella seguente:

SPESSORE NOMINALE DEI MANUFATTI (mm)	TOLLERANZE ACCETTABILI (mm in difetto)
Fino a 3.50	- 0.05
3.50 ÷ 7.00	- 0.10
Oltre 7.00	- 0.15

- **Unioni bullonate.** La bulloneria impiegata dovrà essere della classe 8.8 UNI 3740.
- **Unioni saldate.** I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere del tipo a penetrazione ed effettuati nel rispetto dell'articolo 2.5 delle norme CNR UNI 10011/88.

In particolare l'Appaltatore, qualora non espressamente descritto nei disegni di progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

- **Caratteristiche della rete e dei fili metallici.** La rete sarà realizzata con fili di acciaio crudo UNI 3598/54, con resistenza minima unitaria di rottura di 55kg/mm² mentre i fili di legatura in acciaio dolce sempre del tipo UNI 3598/54.

La rete e i fili saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante) delle Norme UNI 7245/73. In particolare la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230gr/mq.

Il rivestimento protettivo della rete e dei fili sarà costituito da zinco di qualità Zn 99.95 UNI 2013/74, oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio.

In questo caso la percentuale di alluminio presente nella lega non dovrà superare il 5%.

- **Zincatura.** Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme CNR-CEI n°7-6 /1968.

Lo zinco impiegato per i rivestimenti dovrà essere di qualità Zn 99.95 UNI 2013/74.

Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono riportate nella tabella seguente.

CLASSE	DESCRIZIONE DEI MATERIALI (mm nominali)	MASSA MINIMA DI ZINCO PER UNITA' DI SUPERFICIE (g/mq)		SPESSORE DI ZINCO PER UNITA' DI SUPERFICIE (µm)	
		Media sui campioni esaminati	Minima su campione singolo	Media sui campioni esaminati	Minima su campione singolo

B	Nastri e lamiere anche precedentemente saldati e oggetti in acciaio con spessore maggiore o uguale a 3.00mm	600	550	86	78
C	Nastri e lamiere anche precedentemente saldati e oggetti in acciaio con spessore inferiore a 3.00mm	400	350	57	50
D	Minuteria metallica, come ganci, viti, dadi, rondelle, piastrine, tirafondi e bulloneria in genere	400	350	57	50

15.8.2. Prove sui materiali.

- **Prove relative alle caratteristiche dell'acciaio e bulloneria.** La qualità dell'acciaio sarà verificata con le prove previste dalle Norme UNI EN 10025. Il controllo degli spessori, dimensioni e prescrizioni sarà fatto misurando i materiali in più punti e sarà ritenuto positivo se tutte le misure rientreranno nei limiti delle prescrizioni e tolleranze richiesti.

La classe della bulloneria sarà controllata con le prove previste dalle Norme UNI 3740, mentre la Direzione Lavori provvederà a verificare in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore il serraggio dei dadi con chiave dinamometria tarata a 10daNm.

Le caratteristiche delle unioni saldate saranno controllate in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/02/1992. In particolare verrà effettuato preventivamente un controllo visivo in cantiere da parte dei responsabili della Direzione Lavori, mirato ad individuare eventuali presenze di anomalie sui cordoni, come porosità, inclusioni o cricche.

In questo caso il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente a quanto richiesto.

Sarà inoltre effettuata una verifica in laboratorio, che prevede il controllo manuale mediante ultrasuoni secondo le Norme UNI 8387/84, oppure un controllo mediante liquidi penetranti secondo le Norme UNI 7679/77.

- **Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi.** Le caratteristiche del rivestimento di zinco dei profilati a freddo saranno verificate con le prove previste dalle Norme CNR - CEI n.7-6/VII 1968 descritte di seguito:

- Determinazione della qualità dello zinco mediante analisi chimica;
- Determinazione della massa dello strato di zinco (concordante con le Norme UNI 5741-5742/66);
- Determinazione dello spessore dello strato di zinco (concordante con le Norme UNI 5741-5742/66);
- Determinazione della uniformità di spessore del rivestimento di zinco (concordante con le Norme UNI 5743/66);
- Determinazione della aderenza dello strato di zinco.

La rete sarà sottoposta alla prova di sollecitazione corrosiva di 28 cicli in clima variabile di acqua condensa con atmosfera contenente anidride solforosa, secondo le Norme UNI EN ISO 6988 oppure DIN 50018 SFW 1.0S (un litro di SO₂ per un volume totale della camera di 300 lt, corrispondente ad una concentrazione dello 0.33%.

I relativi provini verranno depositi nell'apparecchio di "Kesternich" per la durata massima di 28 cicli.

Ogni ciclo avrà la durata di 24 ore, suddiviso in due parti: nella prima parte, della durata di 8 ore, i campioni verranno sottoposti alla sollecitazione dell'agente corrosivo composto da H₂O + SO₂; nella seconda parte i campioni saranno tenuti a riposo e sottoposti ad aerazione.

Il materiale sarà ritenuto accettabile qualora al termine della prova della durata di 28 cicli i campioni non abbiano subito alcuna entità di ossidazione aderente e/o permanente.

15.8.3. Accettazione dei materiali

L'accettazione di tutti i materiali sarà regolata dalle norme descritte nel precedente articolo "Qualità dei materiali - Prove".

L'Appaltatore dovrà ottemperare a quanto previsto nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n°2357/96 e successivi aggiornamenti.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori; ciò stante l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dalla qualità dei materiali stessi.

Per ogni partita di materiale impiegato, l'Appaltatore dovrà presentare un attestato di qualità dell'acciaio rilasciato dalla ferriera di provenienza e sottoscritto dal legale rappresentante dell'Appaltatore.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina per constatare la rispondenza dei materiali impiegati alle attestazioni nonché la regolarità delle lavorazioni.

La qualità dei materiali verrà verificata tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno, almeno una volta nel corso dell'appalto.

Di norma le campionature verranno eseguite con la cadenza descritta di seguito tenendo conto che ogni prelievo sarà composto da un campione di ciascuno dei componenti di barriera o di protezione, prelevati in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore.

Per partite di quantità inferiore ai minimi sotto riportati, in assenza di specifiche indicazioni progettuali, le campionature verranno eseguite a discrezione della Direzione Lavori.

- Prove relative alle resistenze e tolleranze dell'acciaio e della bulloneria per:
 - Barriere di sicurezza: un prelievo per ogni 1.000m di impianto;
 - Protezione su opere d'arte: un prelievo per ogni 500m di impianto.
- Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi (zincatura) per:
 - Barriere di sicurezza: un prelievo per ogni 500m di impianto;
 - Protezione su opere d'arte: un prelievo per ogni 500m di impianto;

Le campionature dovranno essere inviate, a cura e spese dell'Appaltatore, al laboratorio autorizzato indicato dalla Stazione Appaltante.

Per irregolarità relative alla qualità dell'acciaio, spessori e dimensioni dei materiali e quanto altro possa concorrere anche in modo parziale a compromettere la resistenza strutturale degli impianti, l'Appaltatore sarà tenuta a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste.

Per irregolarità relative alle caratteristiche delle protezioni anticorrosive dei materiali metallici, che comunque non concorra a compromettere la resistenza degli impianti, si procederà all'applicazione delle penali di cui alla tabella seguente.

VARIAZIONE PERCENTUALE DI QUANTITA' O QUALITA' ANTICORROSIVA	SANZIONE PERCENTUALE DA APPLICARSI SUL PREZZO NON A NORMA
Fino al 10% in meno	10%
Dal 10% al 20% in meno	15%
Oltre il 20% in meno	Sostituzione dei materiali in difetto

I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

15.9. DEMOLIZIONI DI BARRIERE ESISTENTI

Lo smontaggio degli elementi di barriera esistente dovrà essere effettuato con cura senza causare rotture o danni; eventuali danni o perdite saranno imputate all'Appaltatore.

Nel caso di lavorazioni su strade in esercizio, alla rimozione dovrà seguire prontamente il montaggio delle nuove barriere in modo da non lasciare tratti di strada senza protezione.

Il materiale metallico rimosso rimane di proprietà della Stazione Appaltante e dovrà essere trasportato ed accatastato presso i depositi indicati dalla Stazione Appaltante, oppure ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori portati a discarica, sempre a cura e spese dell'Appaltatore.

Sono inoltre stabilite le seguenti prescrizioni per le diverse tipologie di impianto esistente da rimuovere:

- barriere su rilevato:
 - le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Appaltatore;
- barriere su opere d'arte:
 - è espressamente compreso ogni onere per la demolizione senza alcun pregiudizio della struttura esistente e tutti gli oneri eventualmente derivanti per il ripristino dell'opera d'arte;
 - gli elementi metallici inghisati e/o annegati nella struttura dell'opera d'arte posti in posizioni non interferenti con impianti di nuova formazione dovranno essere tagliati, con tecniche appropriate, a filo dell'estradosso della struttura stessa, al fine di non creare situazioni di potenziale pericolo.

15.10. NUOVI IMPIANTI SU RILEVATO

La barriera sarà posizionata in modo che il filo dell'onda superiore del nastro cada entro il margine della pavimentazione stradale.

La faccia del nastro sarà inclinata di 5° per la barriera a tripla onda e di 8° per la barriera a due onde rispetto alla verticale, cosicché le onde inferiori risulteranno arretrate rispetto all'onda superiore.

I nastri saranno collegati fra di loro ed ai sostegni mediante bulloni con esclusione di saldature; il collegamento tra i nastri sarà fatto tenendo conto del senso di marcia in maniera che ogni elemento sia sovrapposto al successivo per evitare risalti contro la direzione del traffico.

Il serraggio dei bulloni potrà avvenire anche con chiave pneumatica, purché sia assicurata una coppia finale di almeno 10daNm da verificare con chiave dinamometrica su un proporzionato numero di bulloni.

Sul bordo superiore dei nastri saranno applicati gli elementi rifrangenti segnalimite conformi alla normativa vigente.

I sostegni saranno infissi con idonea attrezzatura vibrante o a percussione fino alla profondità necessaria per il rispetto della quota stabilita, avendo cura di non deformare la testa del sostegno ed ottenere l'assoluta verticalità finale, facendo in modo che le alette del sostegno siano posizionate in senso contrario a quello del traffico.

Quando per la presenza di trovanti o eccessiva consistenza del terreno non risulti possibile l'infissione, sarà ammesso il taglio della parte eccedente del sostegno e la formazione in sito del nuovo foro di collegamento, sempreché la parte infissa risulti superiore a 50cm.

Qualora il rifiuto interessi più sostegni contigui fino a un massimo di sei, l'Appaltatore è tenuta a sospendere l'infissione e avvertire tempestivamente la Direzione Lavori perché questa possa assumere le decisioni circa i criteri di ancoraggio da adottare.

Generalmente si ricorrerà alla formazione di un basamento longitudinale di sezione opportuna in calcestruzzo di cemento armato nel quale saranno annegati i sostegni.

Le cavità eventualmente formati alla base dei sostegni dopo l'infissione, a seconda della natura della sede, dovranno essere intasate con materiale inerte costipato o chiuse con malta di cemento.

In caso di carenza di vincolo od altre particolari situazioni, la Direzione Lavori potrà richiedere l'adozione di adeguate opere di rinforzo.

Lungo il tracciato della barriera possono trovarsi sottoservizi, per cui l'Appaltatore è tenuto a chiedere agli enti interessati, in accordo con la Direzione Lavori le necessarie indicazioni per la loro individuazione ed operare con le dovute cautele.

In ogni caso eventuali danni arrecati agli impianti predetti ed eventuali oneri per l'individuazione dei cavi stessi sono totalmente a carico dell'Appaltatore restando la Stazione Appaltante sollevata da ogni responsabilità ed onere conseguente.

Sono a carico dell'Appaltatore le eventuali riprese di allineamento e rimessa in quota delle barriere per il periodo sino al collaudo ancorché ciò dipenda da limitati cedimenti della sede stradale e la ripresa possa essere eseguita operando sulle tolleranze dei fori di collegamento.

L'Appaltatore è comunque tenuta a sua cura e spese al completo rifacimento degli impianti o parte di essi se questi non sono stati eseguiti secondo le norme sopraelencate.

Per quanto concerne il montaggio, l'Appaltatore sarà tenuta a sua cura e spese al completo rifacimento degli impianti o di parte di essi se questi non dovessero essere stati eseguiti secondo la corretta e regolare esecuzione.

15.11. NUOVI IMPIANTI SU OPERE D'ARTE

Le operazioni dovranno svolgersi con inizio dalla fine dell'opera d'arte stessa rispetto alla direzione del traffico.

La barriera sarà posizionata in modo che il filo dell'onda superiore del nastro, o della trave di collegamento, cada entro il margine della pavimentazione stradale.

Nel caso di nastro superiore ad onda, la faccia del nastro stesso sarà inclinata di 8° rispetto alla verticale, cosicché le onde inferiori risulteranno arretrate rispetto all'onda superiore.

I nastri saranno collegati fra di loro ed ai sostegni mediante bulloni con esclusione di saldature; il collegamento tra i nastri sarà fatto tenendo conto del senso di marcia in maniera che ogni elemento sia sovrapposto al successivo per evitare risalti contro la direzione del traffico.

Il serraggio dei bulloni potrà avvenire anche con chiave pneumatica, purché sia assicurata una coppia finale di almeno 10daNm da verificare con chiave dinamometrica su un proporzionato numero di bulloni.

Sul bordo superiore dei nastri saranno applicati gli elementi rifrangenti segnalimite conformi alla normativa vigente.

La sequenza di posa degli elementi costituenti la barriera su opera d'arte è indicativamente la seguente:

- predisposizione nel conglomerato cementizio dei fori di posizione e dimensione corrispondenti a quelli indicati nei disegni costruttivi della barriera e facenti riferimento alla struttura omologata;
- introduzione nei perfori realizzati di tirafondi di caratteristiche e dimensioni corrispondenti a quelli indicati nei disegni costruttivi della barriera e facenti riferimento alla struttura omologata;

- le barre dovranno essere filettate in testa e zincate con procedure e grado di protezione analoghi a quelli stabiliti per i montanti della barriera;
- le modalità di controllo faranno espressamente riferimento a quanto stabilito nelle presenti Norme in materia;
- inghisaggio nei perfori dei tirafondi mediante prodotto ancorante di caratteristiche fisico-meccaniche corrispondenti a quelli indicate nei disegni costruttivi della barriera e facenti riferimento alla struttura omologata;
- posizionamento sull'estradosso della struttura, in corrispondenza dei punti di appoggio delle piastre degli elementi di sostegno, di riquadri in gomma espansa EPDM (Etilene Propilene Diene) a cellule chiuse tipo E75-2 di colore nero, di dimensioni pari a quelle della piastra con fori predisposti in corrispondenza dei tirafondi;
- posizionamento degli elementi di barriera, secondo le modalità indicate nei disegni costruttivi e facenti riferimento alla struttura omologata, con opportuni spessoramenti compensatori di quota al fine di aver un buon allineamento dei nastri e degli eventuali parapetti.

Nel caso in cui il progetto preveda espressamente l'inserimento dei tirafondi nell'opera d'arte preventivamente all'esecuzione dei getti, gli elaborati progettuali definiranno in maniera univoca le modalità esecutive per la predisposizione di tali tirafondi che dovranno comunque essere zincati, come indicato sopra, e rispondenti a quanto stabilito nei disegni costruttivi della barriera e facente riferimento alla struttura omologata.

15.11.1. Posa in corrispondenza dei giunti di dilatazione

In corrispondenza dei giunti di dilatazione di impalcato, gli elementi di barriera prossimi al giunto non dovranno essere accostati ma distanziati di 8 cm per consentire le dilatazioni dell'impalcato stesso.

Di conseguenza i collegamenti tra i due elementi saranno realizzati con pezzi speciali che, pur mantenendo le stesse resistenze di quelli correnti, permetteranno spostamenti relativi tra le due barriere collegate.

In ogni caso non sarà ammessa la sovrapposizione di parte dell'elemento prefabbricato sul cordolo della campata successiva, salvo specifica previsione progettuale.

15.11.2. Caratteristiche degli ancoranti chimici per inghisaggio.

L'inghisaggio dei tirafondi di ancoraggio delle piastre, deve essere effettuato mediante resine sintetiche senza stirene, da applicare nei fori della struttura di supporto della barriera stradale nel rispetto delle seguenti caratteristiche:

DIMENSIONI BARRA	DN FORO (mm)	PROFONDITA' FORO (mm)	CARICO A ROTTURA (kN)	CARICO DI SICUREZZA (kN)
M16	18	125	55.00	12.5
M 20	24	170	83.00	17.50
M24	28	210	102.50	26.50

I valori di carico riportati sono determinati statisticamente e dipendono strettamente dalla qualità e resistenza del supporto specificato, per questo motivo, in caso di carichi elevati, si consiglia di verificare la caricabilità del supporto con prove in loco.

TEMPERATURA (°C)	TEMPO INDURIMENTO (min)	TEMPO DI APPLICAZIONE DEL CARICO MASSIMO (min)
30	3	25
20	7	50
10	22	150
5	30	200

15.11.3. Caratteristiche dei materiali di riempimento delle nicchie di ancoraggio.

La sigillatura delle nicchie dovrà essere effettuata con malta cementizia reoplastica e tixotropica, e rapido indurimento, con granulometria massima degli inerti di 4mm, resistenza a compressione pari a 25MPa, $ph > 12$, peso specifico pari a 1.900 Kg/mc, adesione su calcestruzzo maggiore di 1.00N/mm².