

S.S. n°13 "Pontebbana" in gestione alla società Friuli Venezia Giulia Strade S.p.A.

**LAVORI E SERVIZI DI SOMMA URGENZA FINALIZZATI  
ALL'ESECUZIONE DI ATTIVITÀ INDIFFERIBILI AL FINE DI  
GARANTIRE LA PUBBLICA INCOLUMITÀ E LA  
PERCORRIBILITÀ IN SICUREZZA DELLA S.S. 13  
"PONTEBBANA" LUNGO IL VIADOTTO COMPRESO FRA IL  
km 196+480 ED IL km 198+550 IN COMUNE DI PONTEBBA**

## PERIZIA DI SOMMA URGENZA SU05-2024-2

**PROGETTISTA E RUP**

Ing. Pietro Filipuzzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Udine, posizione n°2715/A

### CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO (NORME TECNICHE)

CUP: E37H24002270002

PROGETTO AX: 000707

CODICE LAVORO: SU05-2024-2

CODIFICA:

000707PE - R13

NUMERO ELABORATO:

R.13

REVISIONE:

A

SCALA:

-

A	EMISSIONE	GEN 2025	PF	PF	PF
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>CAPO 1 - DISPOSIZIONI GENERALI</b>	<b>2</b>
ART. 1 - Accettazione - qualità ed impiego dei materiali .....	2
ART. 2 - Provvista dei materiali .....	2
ART. 3 - Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali .....	2
ART. 4 - Prescrizioni tecniche per l'esecuzione dei lavori .....	3
ART. 5 - Difetti di costruzione .....	3
ART. 6 - Verifiche nel corso di esecuzione dei lavori .....	3
ART. 7 - Norme di misurazione e valutazione dei lavori .....	3
<b>CAPO 2 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI</b>	<b>6</b>
ART. 8 - Acqua per confezionamento malte e calcestruzzi .....	6
ART. 9 - Ghiaia, pietrisco e sabbia .....	6
ART. 10 - Additivi per impasti cementizi .....	7
ART. 11 - Malte e calcestruzzi .....	9
ART. 12 - Cemento e calce .....	10
ART. 13 - Acciaio per cemento armato .....	11
ART. 14 - Massi da scogliera .....	14
<b>CAPO 3 - MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO</b>	<b>14</b>
ART. 15 - Demolizioni .....	14
ART. 16 - Scavi e sbancamenti in generale .....	15
ART. 17 - Opere e strutture di calcestruzzo .....	16
ART. 18 - Casseforme, armature e centinature .....	19
ART. 19 - Acciaio per c.a. ....	20
ART. 20 - Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali con e senza riciclato per strato di base .....	21
ART. 21 - Misti granulari per strati di fondazione .....	30
ART. 22 - Scogliere .....	34
<b>CAPO 4 - MOVIMENTI DI TERRA</b>	<b>34</b>
ART. 23 - Definizioni e classificazioni .....	34
ART. 24 - Diserbamento e scoticamento .....	34
ART. 25 - Scavi .....	34
ART. 26 - Rinterri e/o bonifiche .....	36
ART. 27 - Rilevati .....	37
ART. 28 - Specifica di controllo - rilevati .....	42
ART. 29 - Controllo scavi .....	46
<b>CAPO 5 - SOVRASTRUTTURE STRADALI</b>	<b>47</b>
ART. 30 - Manti bituminosi .....	47
<b>CAPO 6 - TUBAZIONI, POZZETTI, CHIUSINI E CADITOIE</b>	<b>95</b>
ART. 31 - Pozzetti di ispezione .....	95
ART. 32 - Chiusini e caditoie in ghisa .....	96
<b>CAPO 7 - OPERE STRADALI COMPLEMENTARI</b>	<b>98</b>
ART. 33 - Demolizioni .....	98
ART. 34 - Segnaletica orizzontale .....	100
ART. 35 - Barriere di sicurezza .....	114
<b>CAPO 8 - CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI (NORMALI E PRECOMPRESSI)</b>	<b>117</b>
ART. 36 - Scopo, campo di applicazione, oneri e prescrizioni generali .....	117
ART. 37 - Compiti e responsabilità .....	118
ART. 38 - Classificazione dei calcestruzzi .....	118
ART. 39 - Caratteristiche dei costituenti il calcestruzzo .....	121
ART. 40 - Caratteristiche delle miscele .....	124
ART. 41 - Durabilità e resistenza dei calcestruzzi agli agenti esterni .....	125
ART. 42 - Produzione, trasporto, posa in opera, protezione e stagionatura .....	128
ART. 43 - Controlli di conformità .....	133
ART. 44 - Casseforme, finitura del calcestruzzo e armature .....	138
ART. 45 - Acciaio di armatura per c.a. e c.a.p. ....	139

## **PRESCRIZIONI TECNICHE**

### **CAPO 1 - DISPOSIZIONI GENERALI**

#### **ART. 1 - ACCETTAZIONE - QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI**

1. I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del capitolato speciale ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del direttore dei lavori; in caso di controversia, si procede ai sensi dell'articolo 86 del Regolamento regionale.

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

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

4. Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo.

5. 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.

6. 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.

7. Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

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

#### **ART. 2 - PROVVISTA DEI MATERIALI**

1. Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché 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, né all'incremento dei prezzi pattuiti.

2. 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 e ripristino dei luoghi.

3. A richiesta della stazione appaltante l'appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della Legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, ove contrattualmente siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

#### **ART. 3 - SOSTITUZIONE DEI LUOGHI DI PROVENIENZA DEI MATERIALI**

1. 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.

2. Nel caso di cui al paragrafo precedente, se il cambiamento importa una differenza in più o in meno del quinto del prezzo contrattuale del materiale, si fa luogo alla determinazione del nuovo prezzo ai sensi degli articoli 136 e 137 del Regolamento.

3. 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. In tal caso si applica l'articolo 16, comma 2 del capitolato generale.

#### **ART. 4 - PRESCRIZIONI TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

1. L'Appaltatore dovrà preventivamente disporre per la formazione del cantiere, delle strade di servizio e dei passaggi, provvedere per la fornitura dei materiali, dei mezzi d'opera e del personale, e per essere in grado di dare immediato inizio ai lavori non appena ne sia effettuata la consegna.

2. Per regola generale nell'esecuzione dei lavori, l'impresa dovrà attenersi alle migliori regole d'arte, nonché alle norme e prescrizioni che di seguito vengono date per le principali categorie dei lavori.

3. Per tutte quelle categorie di lavori per le quali non si trovino prescrizioni nel presente Capitolato e nell'annesso elenco prezzi, l'Impresa dovrà attenersi agli ordini che all'uopo impartirà la D.L.

#### **ART. 5 - DIFETTI DI COSTRUZIONE**

1. L'appaltatore deve demolire e rifare a sue spese le lavorazioni che il direttore dei 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.

2. Se l'appaltatore contesta l'ordine del direttore dei lavori, la decisione è rimessa al responsabile del procedimento; qualora l'appaltatore non ottemperi all'ordine ricevuto, si procede di ufficio a quanto necessario per il rispetto del contratto.

3. Qualora il direttore dei lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare che le necessarie verifiche siano disposte in contraddittorio con l'appaltatore. 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.

#### **ART. 6 - VERIFICHE NEL CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI**

1. I controlli e le verifiche eseguite dalla stazione appaltante nel corso dell'appalto non escludono la responsabilità dell'appaltatore per vizi, difetti e difformità dell'opera, di parte di essa, o dei materiali impiegati, né la garanzia dell'appaltatore stesso per le parti di lavoro e materiali già controllati. Tali controlli e verifiche non determinano l'insorgere di alcun diritto in capo all'appaltatore, né alcuna preclusione in capo alla stazione appaltante.

#### **ART. 7 - NORME DI MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

1. Le presenti norme generali sulla misurazione e valutazione dei lavori e quelle indicate nelle descrizioni dei singoli prezzi unitari o nelle successive prescrizioni tecniche del presente capitolato hanno valenza:

a) - per la parte dei lavori previsti a misura od in economia negli atti progettuali e nella «lista» per la definizione, valutazione e contabilizzazione delle opere eseguite, di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, qualora ammissibili ed ordinate o autorizzate ai sensi dell'articolo 27 della Legge Regionale.

b) - per la parte dei lavori previsti a corpo negli atti progettuali e nella «lista» esclusivamente per la definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, qualora ammissibili ed ordinate o autorizzate ai sensi dell'articolo 27 della Legge Regionale, e che siano inequivocabilmente estranee ai lavori a corpo già previsti.

2. In linea generale le varie quantità di lavoro saranno, in ogni caso, determinate con misure geometriche, escluso ogni altro metodo.

3. Alle presenti norme prevarranno, in ogni caso, quelle specifiche indicate nelle singole voci dell'elenco prezzi unitari o nelle successive prescrizioni tecniche del presente capitolato, in assenza si farà riferimento a quanto appresso indicato.

4. Le norme generali sulla misurazione e valutazione dei lavori sono le seguenti:

##### **Per opere stradali e simili:**

a) - Scavi in genere

Oltre agli obblighi particolari emergenti nelle descrizioni, con i prezzi in elenco per gli scavi in genere, l'appaltatore deve ritenersi compensato di tutti gli oneri che egli si troverà ad incontrare, che riguardano:

– tagli di piante, estirpazioni di ceppaie, radici, ecc.

– taglio e scavo con qualsiasi mezzo delle materie asciutte e bagnate o in presenza di acque e di qualsiasi

consistenza;

- innalzamento, carico trasporto e scarico in rilevato o a rinterro od a rifiuto a qualsiasi distanza, sistemazione delle materie di rifiuto per deposito provvisorio e successiva ripresa e deposito temporaneo o definitivo;
- regolarizzazione sia a mano che con automezzo per spianamento a livellette del fondo, per rinterro delle parti di scavo lasciate libere dalle opere murarie, condotte di fognatura, ecc. secondo le sagome definitive di progetto
- puntellazioni, sbadacchiature ed armature di qualsiasi importanza e tipo in genere compreso l'armo ed il disarmo, l'avvicinamento e l'allontanamento dei materiali, lo sfrido e il deterioramento, la perdita totale, parziale del legname e dei ferri;
- impalcature, ponteggi, passerelle, murature e costruzione in genere, provvisorie occorrenti per lo scavo, sia per quanto riguarda i trasporti delle materie per lo scavo sia per la formazione di passaggi, attraversamenti, ecc.,
- ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione degli scavi e relativi rinterrati.

Si conviene inoltre che la misurazione degli scavi verrà effettuata a volume (m<sup>3</sup>.) nei seguenti modi:

- il volume degli scavi di sbancamento verrà determinato col metodo delle sezioni ragguagliate che verranno rilevate in contraddittorio con l'Impresa;
- gli scavi di fondazione di manufatti vari saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di appoggio della fondazione (magroni) per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento o del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non venga effettuato.

Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco prezzi per tali scavi, vale a dire che essi saranno valutati sempre come eseguiti a parete verticale già compresa e compensata con il prezzo unitario di elenco la differenza nel volume di scavo.

**b) - Demolizioni**

La misurazione verrà eseguita prima della demolizione secondo l'effettivo volume dell'opera da demolire.

Nel prezzo è compreso l'onere dell'accatastamento eventuale, ricarica e trasporto alla pubblica discarica.

**c) - Murature e getti in conglomerato cementizio**

I getti di calcestruzzo per formazione in opera di condotte di qualsiasi tipo forma e spessore, saranno pagati a metro cubo (mc) e misurati in opera, in base alla dimensione prescritta e stabilita a progetto.

Resta quindi esclusa ogni eccedenza, anche se inevitabile e dipendente dalla forma obbligata degli scavi aperti o dal modo di esecuzione dei lavori.

Nei prezzi in elenco delle opere in getto di calcestruzzo si intendono compensate tutte le spese per la fornitura del materiale, lavorazione, posa in opera delle casseforme, armature di sostegno durante il getto, armo e disarmo, stampi in legno od in ferro, trasporti e sprechi di materiale, aggettamenti opere accessorie e quanto altro occorra dare l'opera compiuta.

Se la D.L. durante il corso dei lavori crederà necessario armare alcune tratte dei getti formati il condotto di fognatura, all'appaltatore spetterà il solo costo dell'armatura metallica (ferro tondino) posto in opera, secondo la sua voce di elenco prezzi e nessuna altra maggiorazione e compenso per detto lavoro.

**d) - Opere in conglomerato cementizio armato**

Il conglomerato per opere in c.a. di qualsiasi forma e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume di ferro che verrà pagato a parte con il prezzo di elenco.

Nei prezzi di elenco dei conglomerati, sono compresi e compensati tutti gli oneri inerenti all'armo e al disarmo, stampi e casseforme, sprechi, armature di sostegno sia in legno che in ferro, sfridi, palchi provvisori, aggettamenti e quanto richiesto dalla D.L. per il buon esito del lavoro stesso.

Resta escluso solo il ferro, che verrà pagato a parte con la sua voce in elenco prezzi.

**e) - Ferri**

Il ferro per i cementi semi-armati ed armati verrà pagato secondo le misure in opera ed a peso con il prezzo indicato.

In esso sono compresi tutti gli oneri e spese per la fornitura, la piegatura, taglio e posa in opera e lo sfrido.

**f) - Lavori in ferro od altri metalli**

Nei prezzi dei lavori in metallo a peso od a metro quadrato, secondo la voce di elenco prezzi, è compreso ogni e qualunque compenso per la lavorazione, montatura e posa in opera, le esecuzioni dei necessari fori ed incastri nelle murature e nella pietra, le saldature in piombo, la malta ed il cemento.

Di tutti i metalli, salvo le contrarie disposizioni della tariffa, dovrà essere eseguita la colorazione con mano di minio e con due successive ad olio di lino cotto, bianco di zinco, a colore a scelta, e tale coloritura si intende compensata nei prezzi unitari relativi ai metalli.

**g) - Pozzetti, chiusini e caditoie**

Si valutano a numero comprendendo nel prezzo gli oneri per lo scavo, la formazione del piano di posa, la sigillatura dei giunti con malta di cemento ed il rinterro perimetrale.

**h) - Fondazione stradale in pietrame**

La fondazione stradale in pietrame verrà valutata a metro cubo in opera e pagata con il relativo prezzo di Elenco.

Tale prezzo compensa l'Impresa di tutti gli oneri ed obblighi descritti per l'esecuzione di tale categoria di lavoro del presente Capitolato, ivi compresa la fornitura e posa in opera dello strato di ghiaia mista di fiume o di scagliame di cava e la cilindratura a fondo con rullo compressore.

**i) - Massicciata in pietrisco cilindrato**

Il pietrisco per massicciata dovrà essere fornito disponendo in mazzette, tutte di uguale determinato volume di perfetta figura geometrica, secondo le disposizioni della Direzione dei Lavori.

Il volume sarà misurato suddividendo le mazzette in serie, a criterio insindacabile della Direzione dei Lavori, e misurando almeno una mazzetta per ogni serie.

La cilindratura del pietrisco sarà valutata in base al volume del materiale stesso fornito dall'Impresa misurato prima della rullatura, escludendo quindi dalla misura il pietrisco proveniente dalla vagliatura del materiale risultante dall'eventuale scarificazione di esistenti bitumature.

Nella determinazione del prezzo unitario della cilindratura si è tenuto conto della presumibile percentuale di aumento di volume del materiale derivante dall'aggiunta di quello proveniente dalla scarificazione.

Nel prezzo relativo alla cilindratura s'intendono compresi tutti i magisteri specifici nell'articolo del capo relativo alle norme per l'esecuzione di tale categoria di lavoro, nonché la fornitura e l'impiego del materiale di aggregazione, i quali non saranno mai pagati a parte.

**j) - Trattamenti superficiali**

I trattamenti superficiali e le pavimentazioni in genere verranno misurati in ragione di superficie, avvertendo che non saranno contabilizzate le maggiori superfici non ordinate dalla Direzione dei Lavori.

Nei prezzi unitari relativi è compreso ogni fornitura e magistero per dare il lavoro compiuto con le modalità e le norme che precedono e che sono richiamate nei prezzi unitari dell'annesso Elenco.

**k) - Sovrastruttura stradale**

Lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con o senza legante naturale, sarà valutato a volume in opera ed a costipamento ultimato.

Sia il tout-venant bituminoso per lo strato di base, che i conglomerati per la formazione dello strato di collegamento (binder) e di quello di usura, saranno misurati in opera dopo costipamento secondo l'unità di misura indicata nei rispettivi prezzi di Elenco.

**Per lavori in lavori in economia:**

**5.** I prezzi dei lavori in economia sono comprensivi degli oneri relativi alla organizzazione, assistenza e direzione dei lavori nonché della quota per costi generali ed utili dell'appaltatore.

**a) - Mano d'opera.**

Gli operai per i lavori in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi. L'appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai che non riescano di gradimento alla direzione lavori.

Nelle prestazioni della mano d'opera saranno seguite le disposizioni stabilite dalle leggi e dai contratti collettivi di lavoro stipulati e convalidati a norma delle leggi sulla disciplina giuridica dei rapporti collettivi.

**b) - Noleggi.**

Le macchine ed attrezzi dati a noleggio debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine perché siano sempre in buono stato di servizio. Il prezzo comprende la mano d'opera, il combustibile, i lubrificanti, i materiali di consumo, l'energia elettrica e tutto quanto occorra per il funzionamento delle macchine. Nei prezzi dei noleggi delle motopompe, oltre la pompa, sono compresi il motore, la linea per il trasporto dell'energia elettrica e, ove occorra, anche il trasformatore.

Nell'applicazione dei prezzi di noleggio di meccanismi in genere, sia per le ore di azione come per quelle di riposo a disposizione della stazione appaltante, il noleggio si intende corrisposto per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione della stazione appaltante. Nel prezzo di noleggio sono compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento di detti meccanismi. Si applica il prezzo di funzionamento per i meccanismi soltanto per quelle ore in cui essi sono in attività di lavoro; per il tempo restante si applica il prezzo del noleggio per meccanismi in riposo.

Per il noleggio degli automezzi verrà corrisposto soltanto il prezzo per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa e perditempo.

**c) - Trasporti.**

Nei trasporti si intende compresa ogni spesa, la fornitura dei materiali di consumo e la mano d'opera del conducente. I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche. La valutazione delle materie da trasportare è fatta, a seconda dei casi, a volume od a peso con riferimento alla distanza.

**d) - Materiali a piè d'opera in cantiere.**

Tutte le provviste dei materiali saranno misurate con metodi geometrici salvo le eccezioni indicate qui appresso o nei vari articoli del presente capitolato.

## **CAPO 2 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

### **ART. 8 - ACQUA PER CONFEZIONAMENTO MALTE E CALCESTRUZZI**

1. L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose, di materie terrose e non essere aggressiva.

2. L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o uso potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

### **ART. 9 - GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA**

#### **Requisiti per l'accettazione**

1. Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.

2. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature, devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive.

3. La ghiaia deve essere bene assortita, formata da elementi resistenti e non gelivi, scevra da sostanze estranee, da parti friabili o terrose, o comunque dannose.

4. Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie polverulenti, deve essere costituito da elementi, le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

#### **Norme per gli aggregati per confezione di calcestruzzi**

UNI 8520-1	Definizione, classificazione e caratteristiche.
UNI 8520-2	Requisiti.
UNI 8520-7	Determinazione del passante allo staccio
UNI 8520-8	Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili.
UNI 8520-13	Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini.
UNI 8520-16	Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi metodi della pesata idrostatica e del cilindro.
UNI 8520-17	Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi.
UNI 8520-20	Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi.
UNI 8520-21	Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note.
UNI 8520-22	Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali.
Per gli aggregati leggeri si rimanda alla <b>UNI 7549</b> (articolata in 12 parti).	
Per le prove per le proprietà termiche e chimiche sugli aggregati si rimanda alle:	
UNI EN 1367-2	Prova al solfato di magnesio.
UNI EN 1367-4	Determinazione del ritiro per essiccamento e
UNI EN 1744-1	Analisi chimica.

#### **Sabbia**

5. La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, solfati ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio. La sabbia

naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose; dev'essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive.

**Tabella 71.1 Pezzature normali**

	Trattenuto dal	Passante al
Sabbia	setaccio 0,075 UNI 2332	Setaccio 2 UNI 2332

6. Le sabbie da impiegarsi nel confezionamento dei conglomerati cementizi devono corrispondere alle caratteristiche granulometriche stabilite dal R.D. 16 novembre 1939, n. 229.

7. Nelle sabbie per conglomerati è ammessa una percentuale massima del 10% di materiale trattenuto sul crivello 7,1, si veda UNI 2334 o sul setaccio 2, si veda UNI 2332-1, a seconda che si tratti di sabbia per conglomerati cementizi o di sabbia per conglomerati bituminosi; in ogni caso non si devono avere dimensioni inferiori a 0,05 mm.

8. Le sabbie possono essere naturali o di frantumazione, devono presentare una perdita per decantazione in acqua inferiore al 2%.

9. L'appaltatore non può impiegare sabbie di mare che non siano state preventivamente lavate a fondo con acqua dolce.

10. La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia, dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultano da certificato emesso in seguito ad esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave ed i risultati di tali indagini siano ritenute idonee dalla direzione dei lavori.

11. Il prelevamento dei campioni di sabbia normalmente deve avvenire dai cumuli sul luogo di impiego, diversamente può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai sili. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale ed in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova riguardano l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

## **ART. 10 - ADDITIVI PER IMPASTI CEMENTIZI**

### **Generalità**

1. Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti-acceleranti; antigelo-superfluidificanti.

2. Per le modalità di controllo ed accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

### **Calcestruzzo**

3. I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato devono rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 e relative circolari esplicative, in particolare l'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

4. Gli additivi devono possedere le seguenti caratteristiche:

- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo
- provocare la corrosione dei ferri d'armatura
- interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo, in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

### **Additivi acceleranti**

5. Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento, in caso di prodotti che non contengono cloruri. Tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente diluito.

6. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo le norme previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

7. In generale per quanto non specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2.



### **Additivi ritardanti**

8. Gli additivi ritardanti sono da utilizzarsi per il trasporto del calcestruzzo in betoniera al fine di ritardarne l'indurimento.
9. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI
  - determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.
  - Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.
10. In generale per quanto non specificato si rimanda alla UNI EN 934-2.

### **Additivi antigelo**

11. Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.
12. Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.
13. In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme UNI 7109, UNI 7120 e UNI 7123.
14. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996.
15. Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

### **Additivi fluidificanti e superfluidificanti**

16. Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.
17. Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra 0,2 e 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.
18. In generale per quanto non specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2.
19. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme UNI 8020 e UNI 7122 e al D.M. 9 gennaio 1996.

### **Additivi aeranti**

20. Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 0,005 e 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.
21. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme: UNI 6395, UNI 7087, UNI 7122 e al D.M. 9 gennaio 1996.
22. Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

### **Agenti espansivi**

23. Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 7 e 10% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.
24. In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 8146, UNI 8147, UNI 8148, UNI 8149, UNI 7123.
25. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego con riferimento al D.M. 9 gennaio 1996.
26. Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

### **Metodi di prova**

27. In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 7110, UNI 7112, UNI 7114, UNI 7115, UNI 7116, UNI 7117, UNI 7118, UNI EN 934, UNI 10765.

## **ART. 11 - MALTE E CALCESTRUZZI**

### **Malte tradizionali**

1. L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva né contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa.
2. La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose.
3. Le calce aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (R.D. 16 novembre 1939, n. 2230 e R.D. n. 2231; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 3 agosto 1972).
4. L'impiego di malte premiscelate e pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Qualora il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati, il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.
5. Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel D.M. 3 giugno 1968 così come modificato dal D.M. 13 settembre 1993.

6. I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la seguente tabella:

**Tabella 74.1. Classe e tipi di malta (D.M. 20 novembre 1987)**

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

**Tabella 74.2 Rapporti di miscela delle malte (AITEC)**

Tipo di malta	Rapporti in volume	Quantità per 1 m³ di malta (kg)
Calce idrata, sabbia	1: 3,5	142-1.300
	1: 4,5	110-1.300
Calce idraulica, sabbia	1:3	270-1.300
	1:4	200-1.300
Calce eminentemente idraulica, sabbia	1:3	330-1.300
	1:4	250-1.300
Calce idrata, cemento, sabbia	2:1:8	125-150-1.300
	2:1:9	110-130-1.300
Cemento, sabbia	1:3	400-1.300
	1:4	300-1.300

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

### **Malte speciali**

8. Le malte speciali a base cementizia (espansive, autoportanti, antiritiro, ecc.) composte da cementi ad alta resistenza, inerti, silice, additivi, da impiegarsi nei ripristini di elementi strutturali in c.a., impermeabilizzazioni, iniezioni armate, devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo, in caso di applicazione di prodotti equivalenti gli stessi devono essere accettati ed autorizzati dalla direzione dei lavori.
9. Per le malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:
  - UNI 8993 (Definizione e classificazione) UNI 8994 (Controllo dell'idoneità) UNI 8995 (Determinazione della massa volumica della malta fresca) UNI 8996 (Determinazione dell'espansione libera in fase plastica) UNI 8997 (Malte superfluide. Determinazione della consistenza mediante cabaletta) UNI 8998 (Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata).
  - Per i prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo si rinvia alla UNI EN 12190.

### **Calcestruzzi**

10. La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

**11.** Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

**12.** Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e pertanto il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

**13.** L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

## ART. 12 - CEMENTO E CALCE

### Cementi

#### Fornitura

**1.** I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce può essere rifiutata.

**2.** Se i leganti sono forniti alla rinfusa, la provenienza e la qualità degli stessi devono essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

#### Marchio di conformità

**3.** L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- a) - nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- b) - ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- c) - numero dell'attestato di conformità;
- d) - descrizione del cemento;
- e) - estremi del decreto.

**4.** Ogni altra dicitura è preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

**Tabella 75.1. Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Classe	Resistenza alla compressione (N/mm²)			Tempo inizio presa min	Espansione mm	
	Resistenza iniziale		Resistenza normalizzata 28 giorni			
	2 giorni	7giorni				
32,5	–	> 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 60	≤ 10
32,5 R	> 10	–				
4,25	> 10	–	≥ 42,5	≤ 62,5		
4,25 R	> 20	–				
52,5	> 20	–	≥ 52,5	–	≥ 45	
52.5 R	> 30	–				

**Tabella 75.2. Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Proprietà	Prova secondo	Tipo di cemento	Classe di resistenza	Requisiti
Perdita al fuoco	EN 196-2	CEM I CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Residuo insolubile	EN 196-2	CEM I CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Solfati come (SO <sub>3</sub> )	EN 196-2	CEM I CEM II (2) CEM IV CEM V	32,5 32,5 R 42,5	≤ 3,5%
			42,5 R 52,5 52,5 R	≤ 4,0%
		CEM III (3)	Tutte le classi	
Cloruri	EN 196-21	Tutti i tipi (4)	Tutte le classi	≤ 0,10%
Pozzolanicità	EN 196-5	CEM IV	Tutte le classi	Esito positivo della prova

1) I requisiti sono espressi come percentuale in massa

2) Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM II/A e CEM II/B, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o II/B-V, salvo il tipo CEM II/B-T che può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>, per tutte le classi di resistenza

3) Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>.

4) Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,100% di cloruri ma in tal caso si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

**Tabella 75.3. Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Proprietà	Valori limite
-----------	---------------

		Classe di resistenza					
		32,5	32,5R	42,5	42,5R	52,5	42,5R
Limite inferiore di resistenza (N/mm²)	2 giorni	–	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 giorni	14,0	–	–	–	–	–
	28 giorni	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Tempo di inizio presa Limite inferiore (min)		45			40		
Stabilità (mm) Limite superiore		11					
Contenuto di SO3 (%) Limite superiore	Tipo I Tipo II (1) Tipo IV Tipo V	4,0			4,5		
	Tipo III/A Tipo III/B	4,5					
	Tipo III/C	5,0					
	Contenuto di cloruri (%) Limite superiore (2)	0,11					
Pozzolanicità		Positiva a 15 giorni					

(1) Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO<sub>3</sub> per tutte le classi di resistenza

(2) Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri.

#### Calci

5. Le calci impiegate devono avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dal R.D. 16 novembre 1939, n. 2231, (aggiornato alla G.U. 29 agosto 2000) recante norme per l'accettazione delle calci.

## ART. 13 - ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

### Acciai da cemento armato

#### Acciai da cemento armato ordinario.

1. L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C (6 mm ≤ Ø ≤ 40 mm), rotoli tipo B450C (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri ≤ 16mm per il tipo B450C
- reti elettrosaldate (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm) tipo B450C.

2. Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

3. Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M.14/01/2008, che specificano le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, 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). Il materiale dovrà inoltre essere conforme alle altre disposizioni che in materia venissero emanate durante l'esecuzione delle opere, nonché a quanto particolarmente disposto dal presente Capitolato.

4. L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

5. Le barre sono caratterizzate dal diametro Ø della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7.85 kg/dmc.

#### Requisiti

6. L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

#### Tabella 76.1

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE(%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_y/f_{ynom})k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento ( $A_{gt}$ )k:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\varnothing < 12 \text{ mm}$	4 $\varnothing$	
$12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$	5 $\varnothing$	
per $16 < \varnothing \leq 25 \text{ mm}$	8 $\varnothing$	
per $25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	10 $\varnothing$	

### Acciaio per cemento armato B450A

7. L'acciaio per cemento armato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 76.2.

**Tabella 76.2**

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE(%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)k$	$\geq 1,05$	10.0
$(f_y/f_{ynom})k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento ( $A_{gt}$ )k:	$\geq 2,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\varnothing < 10 \text{ mm}$	4 $\varnothing$	

### Accertamento delle proprietà meccaniche

8. Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1: 2004.

9. Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $100 \pm 10^\circ\text{C}$  e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

10. In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f(0,2)$ .

11. La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  piegando la provetta a  $90^\circ$ , mantenendola poi per 60 minuti a  $100 \pm 10^\circ\text{C}$  e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno  $20^\circ$ . Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

### Caratteristiche dimensionali e di impiego

12. L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

13. Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

14. La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- a) - in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- b) - in centri di trasformazione, solo se provvisti dei necessari requisiti.

15. Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

16. Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio

ed alla sua eventuale saldabilità.

**17.** Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo ed il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

**18.** Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

**19.** Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\varnothing$  della barra tonda liscia equipese, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

**20.** Gli acciai B450C, possono essere impiegati in barre di diametro  $\varnothing$  compreso tra 6 e 40 mm.

**21.** Per gli acciai B450A, di cui al § 11.3.2.2 il diametro  $\varnothing$  delle barre deve essere compreso tra 5 e 10 mm.

**22.** L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\varnothing \leq 16$  mm per B450C e fino a  $\varnothing \leq 10$  mm per B450A.

#### **Reti e tralicci elettrosaldati**

**23.** Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili.

**24.** L'interasse delle barre non deve superare 330 mm.

**25.** I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature.

**26.** Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450A gli elementi base devono avere diametro  $\varnothing$  che rispetta la limitazione:  $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ .

**27.** Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio di cui al paragrafo "Acciaio per cemento armato B450A" gli elementi base devono avere diametro  $\varnothing$  che rispetta la limitazione:  $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ .

**28.** Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere:

$$\varnothing \text{ min.} / \varnothing \text{ Max} \geq 0,6$$

**29.** I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2:2004 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm<sup>2</sup>. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate.

**30.** In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.

**31.** La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

**32.** Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti:

**a)** - da acciai provvisti di specifica qualificazione;

**b)** - da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

**33.** In ogni caso il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio, secondo le procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario reti e tralicci elettrosaldati di cui al D.M. 14/01/2008.

**34.** Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

**35.** La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.

**36.** Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

**37.** Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

#### **Acciai per armature da precompressione.**

**38.** L'impiego degli acciai per armature da precompressione sotto forma sia di trafilato, sia di barre, sia di trecce e trefoli,

dovrà essere conforme alle prescrizioni contenute nel D.M. 14/01/2008, alle altre disposizioni che in materia venissero emanate durante l'esecuzione delle opere, nonché a quanto particolarmente disposto dal presente Capitolato.

#### **ART. 14 - MASSI DA SCOGLIERA**

1. I massi per scogliera dovranno essere, di natura calcarea, corrispondere ai requisiti essenziali, essere costituiti da pietra dura e compatta, scevra di cappellaccio, non presentare piani di sfaldamento o incrinature; non alterarsi al contatto dell'acqua o per effetto del gelo. Il risultato della prova all'usura per attrito radente, cui i campioni delle rocce di provenienza devono venire pure sottoposti, secondo R.D. 16/11/39, N° 2234, non deve essere superiore a 3 (tre). Le prove di resistenza del materiale alla compressione, all'abrasione, alla gelività, saranno effettuate secondo le norme per l'accettazione pietre naturali da costruzione approvata con R.D. 16 novembre 1939, n. 2232.

2. All'impresa resta la piena responsabilità circa i materiali adoperati o forniti durante l'esecuzione dei lavori, essendo essa tenuta a controllare che tutti i materiali corrispondano alle caratteristiche prescritte e a quelle dei campioni esaminati, o fatti esaminare, dalla Direzione Lavori.

### **CAPO 3 - MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO**

#### **ART. 15 - DEMOLIZIONI**

##### **Interventi preliminari**

1. L'appaltatore prima dell'inizio delle demolizioni deve assicurarsi dell'interruzione degli approvvigionamenti idrici, gas, allacci di fognature; dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante «Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della Legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto».

2. Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- a) - materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- b) - rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- c) - una miscellanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cemento-amianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

##### **Idoneità delle opere provvisionali**

3. Le opere provvisionali, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza; esse devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro.

4. Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare quelli non ritenuti più idonei.

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

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

##### **Ordine delle demolizioni**

7. I lavori di demolizione, come stabilito dall'art. 72 del D.P.R. 7 gennaio 1956 n. 164, devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso, ovvero secondo le indicazioni del piano operativo di sicurezza e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle di eventuali edifici adiacenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento.

8. La successione dei lavori, quando si tratti di importanti ed estese demolizioni, deve risultare da apposito programma il quale deve essere firmato dall'appaltatore, dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori e dal direttore dei lavori e deve essere tenuto a disposizione degli Ispettori del lavoro.

##### **Allontanamento e/o deposito delle materie di risulta**

9. Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri, deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica del comune in cui si eseguono i lavori o altra discarica autorizzata ovvero su aree preventivamente acquisite dal comune ed autorizzate dal comune; diversamente l'appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

**10.** Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere, o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

#### **Proprietà dei materiali da demolizione a scavo**

**11.** I materiali provenienti da scavi o demolizioni restano in proprietà della stazione appaltante; quando, a giudizio della direzione dei lavori, possano essere reimpiegati, l'appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco.

**12.** Qualora in particolare i detti materiali possano essere usati nei lavori oggetto del presente capitolato, l'appaltatore avrà l'obbligo di accettarli; in tal caso verrà ad essi attribuito un prezzo pari al 50% del corrispondente prezzo dell'elenco contrattuale; i relativi importi devono essere dedotti dall'importo netto dei lavori, restando a carico dell'appaltatore le spese di trasporto, accatastamento, cernita, lavaggio, ecc.

### **ART. 16 - SCAVI E SBANCAMENTI IN GENERALE**

#### **Ricognizione**

**13.** L'appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc., eventualmente non indicati (o erroneamente indicati) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto.

**14.** Il cantiere dovrà essere delimitato da recinzione in rete metallica (o con rete plastificata arancione) fissata con paletti di ferro o legno, infissi nel terreno o in plinti in calcestruzzo.

#### **Viabilità nei cantieri**

**15.** Durante i lavori deve essere assicurata nei cantieri la viabilità delle persone e dei veicoli.

**16.** Le rampe di accesso al fondo degli scavi di splateamento o di sbancamento devono avere una carreggiata solida, atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego, ed una pendenza adeguata alla possibilità dei mezzi stessi.

**17.** La larghezza delle rampe deve essere tale da consentire un franco di almeno 70 cm, oltre la sagoma di ingombro del veicolo. Qualora nei tratti lunghi il franco sia limitato ad un solo lato, devono essere realizzate piazzuole o nicchie di rifugio ad intervalli non superiori a 20,00 m lungo l'altro lato.

**18.** I viottoli e le scale con gradini ricavati nel terreno o nella roccia devono essere provvisti di parapetto nei tratti prospicienti il vuoto quando il dislivello superi i 2,00 m.

**19.** Le alzate dei gradini ricavati in terreno friabile devono essere sostenute, ove occorra, con tavole e paletti robusti.

**20.** Alle vie di accesso ed ai punti pericolosi non proteggibili devono essere apposte segnalazioni opportune e devono essere adottate le precauzioni necessarie per evitare la caduta di gravi dal terreno a monte dei posti di lavoro.

#### **Splateamento e sbancamento**

**21.** Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco, secondo le prescrizioni dell'art. 12 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 1,50 m è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

**22.** Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, si deve provvedere all'armatura o al consolidamento del terreno.

**23.** Nei lavori di scavo eseguiti con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.

**24.** Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo. Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

#### **Scavo a sezione obbligata: pozzi, scavi e cunicoli**

**25.** Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, secondo le prescrizioni dell'art. 13 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

**26.** Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi almeno 30 cm rispetto al livello del terreno o stradale.



**27.** Nello scavo dei cunicoli, salvo che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.

**28.** Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano edifici o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.

**29.** Nell'infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine, con pericolo per i lavoratori.

**30.** Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3,00 m deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo ed all'asportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna.

#### **Scavi in presenza d'acqua. Prosciugamento**

**31.** Si ritengono scavi subacquei quelli eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto un livello costante determinato da acque sorgive nelle cavità di fondazione, sia dopo un parziale prosciugamento con pompe, sia dopo la predisposizione di canali di drenaggio.

**32.** Se l'appaltatore, in caso di acque sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della direzione dei lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

**33.** Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la direzione dei lavori ordinesse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi saranno eseguiti in economia, e l'appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

**34.** I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'appaltatore devono essere accettati dalla direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in muratura o in c.a. al fine di prevenire il dilavamento delle malte.

### **ART. 17 -OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO**

#### **Impasti di conglomerato cementizio**

**1.** Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dal D.M. 14.01.2008.

**2.** 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.

**3.** 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.

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

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

**6.** Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 85.1).

**Tabella 84.1. Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato**

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10

F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

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

8. 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.

9. 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.

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

#### **Tolleranze esecutive**

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

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

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

#### **Controlli in corso d'opera sul conglomerato cementizio**

13. 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.

14. Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, può essere condotto mediante (Norme Tecniche cap.11):

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m3 di miscela omogenea);

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

16. Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere eseguito alla presenza della direzione dei lavori o di un suo incaricato.

17. 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.

18. 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.

**19.** La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro  $d$  pari a 150 mm ed altezza  $h$  300 mm.

**20.** Il prelievo del calcestruzzo deve essere effettuato non prima di aver scaricato 0.3 mc di calcestruzzo e preferibilmente a metà dello scarico della betoniera. Il conglomerato sarà versato tramite canaletta all'interno di una carriola in quantità pari a circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini. Il materiale versato verrà omogeneizzato con l'impiego di una sassola.

**21.** 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.

**22.** Prima del riempimento con il conglomerato, le casseforme andranno pulite e trattate con un liquido disarmante.

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

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

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

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

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

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

**28.** 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.

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

**a)** - 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...);

**b)** - Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;

**c)** - Data e ora di confezionamento dei provini;

**d)** - 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.

**30.** 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.

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

**32.** 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.

**33.** 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.

**34.** 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.

**35.** I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al punto 11.2.5.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14.01.2008.

#### **Controlli supplementari della resistenza a compressione**

##### Carotaggi

**36.** 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.

**37.** 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.

##### Zona di prelievo

**38.** 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.

**39.** 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.

#### **Prove di carico**

**40.** L'appaltatore dovrà fornire ogni supporto utile all'esecuzione delle prove di carico rispettando fedelmente le procedure e le indicazioni fornitigli 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.

### **ART. 18 - CASSEFORME, ARMATURE E CENTINATURE**

**1.** 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.

**2.** 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.

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

#### **Caratteristiche delle casseforme**

**4.** 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.

**5.** 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.

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

#### **Pulizia e trattamento**

**7.** 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.

**8.** 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.

#### **Predisposizione di fori, tracce e cavità**

**9.** 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.

#### **Disarmo**

**10.** 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 (DM 14/09/2005).

**11.** 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.

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

#### **Getti faccia a vista**

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

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

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

**16.** 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.

**17.** 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.

### **ART. 19 - ACCIAIO PER C.A.**

#### **Acciai da cemento armato ordinario.**

**1.** L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C ( $6\text{ mm} \leq \varnothing \leq 40\text{ mm}$ ), rotoli tipo B450C ( $6\text{ mm} \leq \varnothing \leq 16\text{ mm}$ );
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 16\text{ mm}$  per il tipo B450C
- reti elettrosaldate ( $6\text{ mm} \leq \varnothing \leq 16\text{ mm}$ ) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati ( $6\text{ mm} \leq \varnothing \leq 16\text{ mm}$ ) tipo B450C.

**2.** Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

**3.** Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M.14/01/2008, che specificano le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, 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). Il materiale dovrà inoltre essere conforme alle altre disposizioni che in materia venissero emanate durante l'esecuzione delle opere, nonché a quanto particolarmente disposto dal presente Capitolato.

4. L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

5. Le barre sono caratterizzate dal diametro Ø della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7.85 kg/dmq.

#### **Acciai per armature da precompressione.**

6. L'impiego degli acciai per armature da precompressione sotto forma sia di trafilato, sia di barre, sia di trecce e trefoli, dovrà essere conforme alle prescrizioni contenute nel D.M. 14/01/2008, alle altre disposizioni che in materia venissero emanate durante l'esecuzione delle opere, nonché a quanto particolarmente disposto dal presente Capitolato.

### **ART. 20 -CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO TRADIZIONALI CON E SENZA RICICLATO PER STRATO DI BASE**

#### **Generalità**

1. I conglomerati bituminosi a caldo tradizionali sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

#### **Materiali costituenti e loro qualificazione**

##### **Legante**

2. Il legante deve essere costituito da bitume semisolido (tal quale) ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali).

3. A seconda della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo 50/70 oppure 80/100 con le caratteristiche indicate nella seguente tabella, con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.

**Tabella 87.1.**

parametro	Bitume			
	Normativa	unità di misura	tipo 50/70	tipo 80/100
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR B.U. n. 24/1971	dmm	50-70	80-100
Punto di rammollimento	EN1427, CNR B.U. n. 35/1973	°C	46-56	40-44
Punto di rottura (Fraass)	CNR B.U. n. 43 /1974	°C	≤ - 8	≤ - 8
Solubilità in Tricloroetilene	CNR B.U. n. 48/1975	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≤ 0,3	≤ 0,2
Valori dopo RTFOT	EN 12607-1			
Volatilità	CNR B.U. n. 54/1977	%	≤ 0,5	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	EN 1426, CNR B.U. n. 24/71	%	≥ 50	≥ 50
Incremento del punto di Rammollimento	EN 1427, CNR B.U. n. 35/73	°C	≤ 9	≤ 9

4. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un laboratorio ufficiale.

#### **Additivi**

5. Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

6. Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

7. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

8. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

9. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

10. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica).

11. Gli attivanti chimici funzionali (ACF) impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella

12. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto.

13. La presenza degli ACF nel bitume potrà essere accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato

sottile (prova colorimetrica).

**Tabella 87.2. - Attivanti chimici funzionali**

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

### Aggregati

**14.** L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle seguenti tabelle al variare del tipo di strada.

**Tabella 87.3 - Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali**

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	≤ 25	≤ 25	≤ 20
Micro Deval umida (*)	CNR B.U. n. 109/1985	%	≤ 20	≤ 20	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 90	≥ 90	100
Dimensione max	CNR B.U. n. 23/1971	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		≤ 25	≤ 20
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR B.U. n. 140/1992	%			≥ 42

(\*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

**Tabella 87.4 - Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento**

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	≤ 30	≤ 30	≤ 20
Micro Deval Umida (*)	CNR B.U. n. 109/1985	%	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 70	≥ 80	100
Dimensione max	CNR B.U. n. 23/1971	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.0075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		≤ 30	≤ 30
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR B.U. n. 140/1992	%			≥ 40

(\*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

**Tabella 87.5 - Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali**

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	≤ 40	≤ 40	≤ 25
Micro Deval Umida (*)	CNR B.U. n. 109/1985	%	≤ 35	≤ 35	≤ 20
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	≥ 70	100
Dimensione max	CNR B.U. n. 23/1971	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%	≤ 5	≤ 5	0

Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		≤ 35	≤ 30
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR B.U. n. 140/1992	%			≥ 40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

**15.** Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con  $CLA \geq 43$ , pari almeno al 30% del totale.

**16.** In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) o artificiali (argilla espansa resistente o materiali simili, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale ( $CLA \geq 50$ ) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

**17.** L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione.

**18.** A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali devono possedere le caratteristiche riassunte nelle seguenti tabelle



**Tabella 87.6 - Aggregato fino. Autostrade ed extraurbane principali**

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR B.U. n. 27/1972	%	≥ 50	≥ 60	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR B.U. n. 109/1985	%		≥ 50	≥ 70

**Tabella 87.7 - Aggregato fino. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento**

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	≥ 60	≥ 70
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		≥ 40	≥ 50

**Tabella 87.8 - Aggregato fino. Strade urbane di quartiere e locali**

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	CNR B.U. n. 27/1972	%	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		≤ 3	≤ 3
Quantità di frantumato	CNR B.U. 109/1985	%		≥ 40	≥ 50

19. Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA ≥ 42.

20. Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm deve soddisfare i requisiti indicati nella seguente tabella.

**Tabella 87.9 - Aggregato fino. Tutte le strade**

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%		≤ 5	
Passante allo 0.18	CNR B.U. n. 23/1971	%		100	
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		≥ 80	
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014			N.P.	
Vuoti Rigden	CNR B.U. n. 123/1988	%		30-45	
Stiffening Power	CNR B.U. n. 122/1988	ΔPA		≥ 5	
Rapporto filler/bitume = 1,5					

21. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

22. Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in situ eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

23. Le percentuali in peso di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

- conglomerato per strato di base ≤ 30%
- conglomerato per strato di collegamento ≤ 25%
- conglomerato per tappeto di usura ≤ 20%

24. Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura, per il tappeto materiale proveniente solo da questo strato.

25. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori prima dell'inizio dei lavori.

## Miscela

26. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella.

27. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

**Tabella 87.10**

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	100	-	-	-	-
Crivello	30	80 100	-	-	-	-
Crivello	25	70 95	100	100	-	-
Crivello	15	45 70	65 - 85	90 100	100	-
Crivello	10	35 60	55 75	70 90	70 90	100
Crivello	5	25 50	35 55	40 55	40 60	45 65
Setaccio	2	20 35	25 38	25 38	25 38	28 45
Setaccio	0,4	6 20	10 20	11 20	11 20	13 25
Setaccio	0.18	4 14	5 15	8 15	8 15	8 15
Setaccio	0.075	4 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10	6 10
% di bitume		4 0 5 0	4 5 5 5	4 8 5 8	5 0 6 0	5 2 6 2

28. Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3–4 cm, il fuso C per spessori inferiori a 3 cm.

29. La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

30. Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate nelle seguenti tabelle.

**Tabella 87.11**

METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	kPa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Risultati richiesti				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 14	10 14	10 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3 5	3 5	4 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm²			0,6–0,9
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm²			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤5	≤5	≤5
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>				
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				

**Tabella 87.12**

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Costipamento	75 colpi x faccia			
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	kN	8	10	11
Rigidezza Marshall	kN/mm	> 2,5	3–4,5	3–4,5
Vuoti residui (*)	%	4 7	4 6	3 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□□5	□□□5	□□□5
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm²			0,7 1
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm²			> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>				

## Accettazione delle miscele

31. L'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

32. Una volta accettato da parte della direzione dei lavori la composizione della miscela proposta, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

33. Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  per lo strato di base e di  $\pm 3$  per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in  $\pm 2$ ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in  $\pm 1,5$ .

34. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

#### Confezionamento delle miscele

35. Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

36. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

37. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

#### Preparazione delle superfici di stesa

38. Prima della realizzazione dello strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa, allo scopo di garantire un'adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi le caratteristiche progettuali. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e di mano d'attacco.

39. Per mano di ancoraggio si intende un'emulsione bituminosa a rottura lenta e a bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato, irrigidendone la parte superficiale, fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

40. Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da un'emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Tabella 87.13.

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR B.U. n. 101/1984	%	45 $\pm$ 2
Contenuto di bitume+flussante	CNR B.U. n. 100/1984	%	55 $\pm$ 2
Flussante (%)	CNR B.U. n. 100/1984	%	1-6
Viscosità Engler a 20 °C	CNR B.U. n. 102/1984	°E	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 124/1988	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR B.U. n. 24/1971	dmm	180-200
Punto di rammolimento	CNR B.U. n. 35/1973	°C	30 $\pm$ 5

41. Per mano d'attacco si intende un'emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

42. Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

43. Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da un'emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 kg/m<sup>2</sup>.

Tabella 87.14.

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 60%	Cationica 65%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva	positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR B.U. n. 101/1984	%	40 $\pm$ 2	35 $\pm$ 2
Contenuto di bitume+flussante	CNR B.U. n. 100/1984	%	60 $\pm$ 2	65 $\pm$ 2
Flussante (%)	CNR B.U. n. 100/1984	%	1-4	1-4
Viscosità Engler a 20 °C	CNR B.U. n. 102/1984	°E	5-10	15-20
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 124/1988	%	< 8	< 8
<i>Residuo bituminoso</i>				
Penetrazione a 25 °C	CNR B.U. n. 24/1971	dmm	< 100	< 100
Punto di rammolimento	CNR B.U. n. 35/1973	°C	> 40	> 40

44. Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente deve utilizzarsi una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 kg/m<sup>2</sup>.

45. Prima della stesa della mano d'attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

**Tabella 87.15.**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR B.U. n. 101/1984	%	30±1
Contenuto di bitume+flussante	CNR B.U. n. 100/1984	%	70±1
Flussante (%)	CNR B.U. n. 100/1984	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR B.U. n. 102/1984	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 124/1988	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR B.U. n. 24/1971	dmm	50-70
Punto di rammolimento	CNR B.U. n. 35/1973	°C	> 65

46. Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati rispettivamente nella tabella 40.10 e nella tabella 40.11.

47. Ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati ed a produrre copia dello studio prestazionale eseguito con il metodo ASTRA (metodologia riportata in allegato B) rilasciato dal produttore.

#### **Posa in opera delle miscele**

48. La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.

49. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

50. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

51. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

52. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

53. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

54. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

55. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

56. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

57. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

58. La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

59. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

60. Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

61. La compattazione dovrà avvenire garantendo uniforme addensamento in ogni punto, in modo da evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

62. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

**63.** La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

**64.** Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive, tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

**65.** La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante, dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

### **Controlli**

#### **Generalità**

**66.** I controlli si differenziano in funzione del tipo di strada.

**67.** Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

**68.** Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un laboratorio ufficiale, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

**69.** Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

#### **Autostrade ed extraurbane principali**

**70.** Sul conglomerato bituminoso prelevato dalla vibrofinitrice si valutano le caratteristiche meccaniche definite mediante opportuni parametri (modulo elastico, modulo complesso E, angolo di fase  $\phi$ , ecc.). I valori di tali grandezze devono essere determinati su provini confezionati in laboratorio con pressa giratoria, fino al raggiungimento della densità pari a quella misurata su carote prelevate in situ.

**71.** Sulla pavimentazione finita, il controllo deve eseguirsi mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura.

**72.** La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con il deflettometro Benkelmann (CNR B.U. n. 141/1992) o con sistemi analoghi di tipo dinamico (Falling Weight Deflectometer, Curviametre, ecc.).

**73.** Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione.

**74.** La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto.

**75.** Per misure di deflessione superiori al 20% del valore ammissibile in progetto la pavimentazione deve essere demolita e ricostruita o, se l'andamento plano-altimetrico lo consente, adeguatamente rinforzata con un nuovo strato in conglomerato bituminoso.

**76.** Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

**77.** Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar.

**78.** La densità in situ, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore DG (ovvero DM) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'impresa, prima dell'inizio dei lavori.

**79.** Per il tappeto di usura il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR B.U. n. 147/1992) deve risultare superiore o uguale a 0,60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR B.U. n. 105/1985) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

**80.** L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR B.U. n. 94/1983, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm.

**81.** Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

**82.** Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote.

**83.** Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,25 mm si deve procedere

all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità.

**Tabella 87.16 - Autostrade ed extraurbane principali**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa

**Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento**

**84.** Sulla miscela debbono essere determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e debbono essere inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria.

**85.** I provini confezionati mediante l'apparecchiatura "pressa giratoria" devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

**86.** In mancanza della pressa giratoria devono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (CNR B.U. n. 40/1973); percentuale dei vuoti residui (CNR B.U. n. 39/1973); perdita di stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (CNR B.U. n. 121/1987); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana CNR B.U. n. 134/1991).

**87.** Per lo strato di usura e per quello di collegamento, deve essere controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (CNR B.U. n. 106/1985). Il parametro J1 a 10 °C deve essere compreso tra 25 e 40 cm<sup>2</sup>/(daN\*s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 14 x 106 e 26 x 106 cm<sup>2</sup>/(daN\*s).

**88.** Dopo la stesa la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, determinando il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui ed il modulo complesso E (Norma prEN 12697-26, annesso D).

**89.** Per il tappeto di usura verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR B.U. n. 105/85.

**Tabella 87.17 - Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa
Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Base, Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa

### Strade urbane di quartiere e locali

90. Sulla miscela deve essere determinata la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione; devono inoltre essere controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria.

91. I provini confezionati mediante la pressa giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

92. In mancanza della pressa giratoria debbono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (CNR B.U. n. 40/1973); percentuale dei vuoti residui (CNR B.U. n. 39/1973); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana CNR B.U. n. 134/1991).

93. Dopo la stesa la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

94. Sulle carote debbono essere determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui e lo spessore facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

95. Per il tappeto di usura dovrà inoltre essere misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR B.U. n. 105/1985.

**Tabella 87.18 - Strade urbane di quartiere e locali**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m³ di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m³ di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m³ di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m³ di stesa
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m² di stesa
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m² di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa

## ART. 21 - MISTI GRANULARI PER STRATI DI FONDAZIONE

### Generalità

1. Il misto granulare dovrà essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche.

2. Nella sovrastruttura stradale il misto granulare dovrà essere impiegato per la costruzione di strati di fondazione e di base.

### Materiali

#### Aggregati

3. Gli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) e gli aggregati fini sono gli elementi lapidei che formano il misto granulare.

4. L'aggregato grosso in generale deve avere dimensioni non superiori a 71 mm e deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 88.1. Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30	□□□□
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	-	□□□□
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	□□□□
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	□□□□

Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 20	□□□
(*) Materiale non idoneo salvo studi particolari				

**Tabella 88.2. Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30	□□□
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	□□□
Quantità di frantumato	-	%	> 30	□□□
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	□□□
Sensibilità al gelo3	CNR 80/80	%	≤ 20	□□□

**Tabella 88.3. Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 40	≤ 30
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	≤ 25
Quantità di frantumato	-	%	-	≤ 60
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	63
Sensibilità al gelo3	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 20

5. L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nelle seguenti tabelle.

**Tabella 88.4. Aggregato fine. Autostrade ed extraurbane principali**

Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	(*)
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	(*)
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	(*)
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	(*)
(*) Materiale non idoneo salvo studi particolari				

**Tabella 88.5. Aggregato fine. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento**

Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	≥ 40	(*)
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	(*)
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	(*)
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	(*)

**Tabella 88.6. Aggregato fine. Strade urbane di quartiere e locali**

Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 40	≥ 50
Indice plasticità	CNR-UNI 10014	%	≤ 6	N.P.
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 35	≤ 25
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	≤ 6

6. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

## Miscela

7. La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella tratta dalla norma CNR 23/71.

**Tabella 88.7**

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso	Miscela passante: % totale in peso
------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------



	$\Phi$ max 71 mm	$\Phi$ max 30 mm
Crivello 71	100	100
Crivello 30	70 ÷ 100	100
Crivello 15	50 ÷ 80	70 ÷ 100
Crivello 10	30 ÷ 70	50 ÷ 85
Crivello 5	23 ÷ 55	35 ÷ 65
Setaccio 2	15 ÷ 40	25 ÷ 50
Setaccio 0,42	8 ÷ 25	15 ÷ 30
Setaccio 0,075	2 ÷ 15	5 ÷ 15

8. La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.

9. L'indice di portanza CBR (CNR-UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

10. Il modulo resiliente (MR) della miscela impiegata deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (norma AASHTO T294).

11. Il modulo di deformazione (Md) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (CNR B.U. n. 146/1992).

12. Il modulo di reazione (k) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (CNR B.U. n. 92/1983).

13. I diversi componenti e, in particolare le sabbie, debbono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili

#### Accettazione del misto granulare

14. L'impresa è tenuta a comunicare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio ufficiale. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHTO modificata (CNR 69/1978).

15. Una volta accettato da parte della direzione dei lavori lo studio delle miscele, l'impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### Confezionamento del misto granulare

16. L'impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

#### Posa in opera del misto granulare

17. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, 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. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

18. Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

19. Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in situ non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata.

20. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi con un dispositivo di spruzzatori.

21. 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.

22. 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 materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

23. Per il costipamento e la rifinitura dovranno impiegarsi rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

24. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla direzione dei lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

25. Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in situ non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (CNR B.U. n. 69/1978) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D).

26. In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese, dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

27. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,00–4,50 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

28. Nel caso in cui non sia possibile eseguire immediatamente la realizzazione della pavimentazione, dovrà essere applicata una mano di emulsione, saturata con graniglia, a protezione della superficie superiore dello strato di pavimentazione.

### Controlli

29. Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera deve essere effettuato con alcune prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in situ al momento della stesa, oltre che con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella seguente tabella:

**Tabella 88.8. Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

Tipo di Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi secondo D.L.
Aggregato fino	Impianto	Iniziale, poi secondo D.L.
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m <sup>3</sup> di stesa
Sagoma	Strato finito	Ogni 20m o ogni 5 m
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> m di fascia stesa

### Materiali

30. Le caratteristiche di accettazione dei materiali dovranno essere verificate prima dell'inizio dei lavori, ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali.

### Miscela

31. La granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in situ già miscelato, subito dopo avere effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di  $\pm 5$  punti per l'aggregato grosso e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso assegnato.

32. L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

### Costipamento

33. A compattazione ultimata la densità del secco in situ, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ( $\gamma_{smax}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (CNR 22/72). Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

34. - del 10 % dell'importo dello strato, per densità in situ comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;

35. - del 20 % dell'importo dello strato, per densità in situ comprese tra 93 e 95 % del valore di riferimento.

36. Il confronto tra le misure di densità in situ ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm.

### Portanza

37. La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'impresa.

38. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto granulare su ciascun tronco omogeneo non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto.

### Sagoma

39. Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

40. La verifica delle quote di progetto dovrà eseguirsi con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 m nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 m

nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota dovrà verificarsi la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale.

**41.** Lo spessore medio dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

## **ART. 22 - SCOGLIERE**

**1.** L'appaltatore deve impiegare per il sollevamento, trasporto e collocamento in opera dei massi, quegli attrezzi, meccanismi e mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione del lavoro e per evitare che i massi abbiano a subire avarie. Le scogliere devono essere formate incastrando con ogni diligenza i massi gli uni contro gli altri, in modo da costruire un tutto compatto e regolare, posizionati con cura in modo da garantire un idoneo grado di incastro tra i massi stessi e un'adeguata porosità della scogliera, le mantellate di massi naturali saranno eseguite seguendo lo spessore e la sagoma di progetto, nonché le pendenze delle relative scarpate stabilite negli elaborati di progetto. Per ciascuna scogliera il Direttore dei Lavori fissa il volume minimo dei massi e le proporzioni dei massi di volume differente

**2.** I massi ed il pietrame devono essere ben puliti dalle sostanze terrose ed eterogenee che eventualmente li ricoprivano ed ove occorra, lavati a grande acqua; quelli non suscettibili di perfetta pulitura saranno rifiutati.

**3.** I massi per la formazione di scogliere dovranno valutarsi in volume, in ragione di 24 q.li a metro cubo di scogliera in opera. La bolletta di pesatura verrà rilasciata da pesa pubblica o privata abilitata a norma di legge; in questo caso il Direttore dei lavori si riserva la facoltà di inviare a giudizio insindacabile un certo numero di automezzi alla pesa pubblica più vicina per il riscontro del peso indicato sulle bollette. È concessa una tolleranza in difetto non superiore a due quintali. L'eventuale ulteriore deficienza sarà detratta su tutte le partite di pietrame non riscontrate in precedenza.

## **CAPO 4 - MOVIMENTI DI TERRA**

### **ART. 23 - DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**

**1.** I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- a)** - Diserbamento e scoticamento
- b)** - Scavi
- c)** - Rinterri
- d)** - Rilevati

**2.** Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

### **ART. 24 - DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO**

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

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

**3.** Nella esecuzione dei lavori l'Impresa dovrà attenersi a quanto segue:

- a)** - il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato;
- b)** - tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.
- c)** - il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietato la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.
- d)** - 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 DL in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scoticamento sarà stabilito di norma alla quota di cm 20 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.

### **ART. 25 - SCAVI**

1. 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:
  - a) - impianti di rilevati;
  - b) - impianti di opere d'arte;
  - c) - cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.
2. Gli scavi si distinguono in:
  - a) - scavi di sbancamento;
  - b) - scavi di fondazione.
3. Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.
4. Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:
  - a) - Profilare le scarpate degli scavi 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'Impresa.
  - b) - Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto.
  - c) - Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa 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) (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).
  - d) - Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.
  - e) - Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche (a totale carico dell'impresa).
  - f) - Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
  - g) - Provvedere, a proprie cure e spese, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
  - h) - Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.
  - i) - Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti.
  - j) - In caso di inosservanza la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.
  - k) - Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:
    - Il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
    - Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
    - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti.
    - Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.
  - l) - I materiali provenienti dagli scavi, in genere, dovranno essere reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra.
5. Il reimpiego sarà subordinato all'esito di prove di idoneità, eseguite a cura dell'Impresa, e sotto il controllo della Direzione Lavori.
6. I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Impresa, al reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito e custoditi opportunamente.
7. Se necessario saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.
8. I materiali, che, invece, risulteranno non idonei al reimpiego, dovranno essere trasportati, a cura e spesa dell'Impresa, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L. (ordine di servizio), fatte salve le vigenti norme di legge e le autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio e dell'ambiente.
9. L'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà ottenere la disponibilità delle aree di discarica e/o di deposito, dei loro accessi, e dovrà provvedere alle relative indennità, nonché alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali di discarica secondo quanto previsto in progetto e/o prescritto dall'Ente Concedente la discarica.

### **Scavi di sbancamento**

10. Sono così denominati i movimenti terra di grande entità eseguiti generalmente all'aperto senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- a) - apertura della sede stradale;
- b) - apertura dei piazzali e delle opere accessorie;
- c) - gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- d) - bonifica del piano di posa dei rilevati;
- e) - spianamento del terreno;
- f) - impianto di opere d'arte;
- g) - taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- h) - formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali;

### **Scavi di fondazione**

11. Sono così denominati gli scavi 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.

12. Questo piano sarà determinato, a giudizio della D.L., 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.

13. Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della D.L., spinti alla necessaria profondità, fino al rinvenimento del terreno avente la capacità portante prevista in progetto.

14. 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.

15. 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, non sarà computati né il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza né il conseguente maggior volume di riempimento.

16. E' vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di fondazione.

17. L'Impresa 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.

18. Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M 11/3/1988 (S.O. alla G.U. 1/6/1988 n. 127; Circ. Serv. Tecnico Centrale LL. PP. del 24/09/1988 n° 30483) e successivi aggiornamenti.

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

20. 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.

21. Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa 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.

22. Provvederà, a sua cura e spesa, a togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse così al regolatore deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fuggatori ;analogamente l'Impresa dovrà adempiere agli obblighi previsti dalle leggi (Legge 10/5/1976 n. 319 e successivi aggiornamenti ed integrazioni, leggi regionali emanate in applicazione della citata legge) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché all'eventuale trattamento delle acque.

## **ART. 26 - RINTERRI E/O BONIFICHE**

1. Per rinterri si intendono i lavori di:

- a) - bonifica di zone di terreno non idoneo, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- b) - riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti;
- c) - sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

### **Bonifica**

2. La bonifica del terreno di appoggio del rilevato, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di progetto, ed ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo e/o comunque

non conforme alle specifiche di progetto.

**3.** Pertanto il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):

**a)** - A1, A3 se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A3, deve presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7;

**b)** - A1, A2-4, A2-5, A3, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A3 deve presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7;

**4.** Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

**5.** Per il materiale dei gruppi A2-4 e A2-5, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

**6.** Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>).

**7.** Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto a) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

#### **Rinterri**

**8.** Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 (UNI-CNR 10006) opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7;

**9.** Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

**10.** In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

#### **Sistemazione superficiale**

**11.** La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 (UNI-CNR 10006), con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

**12.** Il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

### **ART. 27 - RILEVATI**

**1.** Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali, nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

#### **Formazione del rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali**

**2.** Si considerano separatamente le seguenti categorie di lavori:

**a)** - Rilevati stradali;

**b)** - Rilevati realizzati in terra rinforzata;

**3.** La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme CNR 10006, di cui alla Tabella 1 allegata.

#### **Rilevati stradali**

**4.** I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale (sottofondo).

**5.** Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria.

#### **Impiego di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3**

**6.** Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

**7.** Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A1-a e A3 (per le terre appartenenti al gruppo A3 vale quanto già detto in precedenza).

**8.** 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.

**9.** L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del 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 20 cm, nonché di soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

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

**11.** Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) 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.

**12.** Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm

**13.** A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), e/o un modulo di deformabilità non minore di 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>) (CNR 146 - 1992), salvo per l'ultimo strato di 30 cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, che dovrà presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95% e salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e della pavimentazione stradale in trincea, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a:

- a)** - 50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,15 - 0,25 da N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale sia in rilevato che in trincea;
- b)** - 20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,05 - 0,15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- c)** - 15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,05 - 0,15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

**14.** La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

**15.** Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

**16.** Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli

**17.** Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo.

**18.** Nel caso di rilevati aventi notevole altezza, dovranno essere realizzate banchine di scarpata della larghezza di 2 m a quota idonea e comunque ad una distanza verticale dal ciglio del rilevato non superiore a 6 m

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

**20.** Quando siano prevedibili cedimenti del piano di appoggio dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano per il controllo dell'evoluzione dei cedimenti.

**21.** 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 D.L.

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

**23.** 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 5 cm

**24.** 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.

**25.** 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.

**26.** 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.

**27.** 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.

### **Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7**

28. Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto.

29. Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati, soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm

30. Il grado di costipamento e la umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Impresa e sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori, attraverso una opportuna campagna sperimentale.

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

### **Impiego di terre appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7**

32. 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, punto 2.4.8.1 e seguenti), attraverso una opportuna campagna sperimentale.

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

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

### **Generalità**

35. Fintanto che non siano state esaurite, per la formazione dei rilevati, tutte le disponibilità dei materiali idonei provenienti dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per economia dei trasporti, saranno a suo totale carico. L'Impresa 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.

36. Qualora una volta esauriti i materiali, provenienti dagli scavi, ritenuti idonei in base a quanto precedentemente riportato, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

37. È fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali per la costruzione dei rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali dal Centro Sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali, sempre a spese dell'Impresa.

38. Solo dopo che vi sia stato l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

39. L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

40. Per quanto riguarda le cave di prestito, l'Impresa, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche a quanto è prescritto dall'art 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n.1265 e delle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n.3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D.13 febbraio 1933, n.215 e successive modifiche.

### **Rilevati rinforzati**

41. Dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A1 e A3; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore 71 mm, A2-4 e A2-6.

42. Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- a) - contenuto in sali;
- b) - solfuri, del tutto assenti;
- c) - solfati, solubili in acqua, minori di 500 mg/kg;
- d) - cloruri, minori di 100 mg/kg;
- e) - pH compreso tra 5 e 10;



f) - resistività elettrica superiore a 1.000 ohm x cm per opere all'asciutto, superiore a 3.000 ohm x cm per opere immerse in acqua.

43. La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova AASHO Mod (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), ed il modulo di deformabilità (CNR 146 - 1992) non dovrà essere inferiore ai 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>

### **Costruzione Del Rilevato**

#### **Formazione dei piani di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo).**

44. Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) (CNR 146 - 1992) dovrà risultare non inferiore a:

- a) - 50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale (sottofondo) sia in rilevato sia in trincea;
- b) - 20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 1,00m al di sotto di quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- c) - 15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale

45. La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

46. Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali, sia differenziali, e del loro decorso nel tempo.

47. Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate con prove rigorose che dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

48. 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.

49. A rullatura eseguita la massa volumica in sito dovrà risultare come segue:

- a) - almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;
- b) - almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

50. Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto, la Direzione Lavori, sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

#### **Strato di transizione (Rilevato-Terreno)**

51. Quando previsto in progetto, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, verrà eseguita:

- a) - la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- b) - la stesa di uno strato di geotessile "non tessuto" come da punto successivo TELO GEOTESSILE "TESSUTO NON TESSUTO".

#### **Strato granulare anticapillare**

52. Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 0,3-0,5 m; sarà composto di materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

53. Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

#### **Telo Geotessile "tessuto non tessuto"**

54. Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene.

55. Il geotessile dovrà essere del tipo "a filo continuo", prodotto per estrusione del polimero.

56. Dovrà essere 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.

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

**Tabella 94.1**

CARATTERISTICHE TECNICHE	POLIPROPILENE
Massa volumica (g/cmc)	0,90
Punto di rammollimento( K)	413
Punto di fusione (K)	443 ÷ 448
Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)	0,04
Resistenza a trazione (N/5 cm)	1900

**58.** 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.

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

**60.** Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare.

**61.** Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno cm 30 nei due sensi longitudinale e trasversale.

**62.** 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 cm 30.

#### **Stesa dei materiali**

**63.** 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.

**64.** 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 strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

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

**66.** Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

**67.** Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- a) - 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 o con rocce frantumate;
- b) - 40 cm per rilevati in terra rinforzata;
- c) - 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7.

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

**69.** 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 AASHO Modificata (CNR 69 - 1978).

**70.** 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.

**71.** Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, una energia costipante tale da assicurare il raggiungimento del grado di costipamento prescritto e previsto per ogni singola categoria di lavoro.

**72.** 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.

**73.** La compattazione dovrà essere condotta con metodologia 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.

**74.** 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.

**75.** 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.

**76.** Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili non dovranno essere scaricate direttamente a ridosso delle murature, ma dovranno essere depositate in loro vicinanza e successivamente predisposte in opera con mezzi adatti, per la formazione degli strati da compattare.

77. Si dovrà inoltre evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di realizzazioni in muratura che non abbiano raggiunto le sufficienti caratteristiche di resistenza.

78. Nel caso di inadempienza delle prescrizioni precedenti sarà fatto obbligo all'appaltatore, ed a suo carico, di effettuare tutte le riparazioni e ricostruzioni necessarie per garantire la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

79. Inoltre si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra rinforzata o flessibili in genere.

80. 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 addensamento richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

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

82. A ridosso delle murature dei manufatti la D.L. ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm

83. Il cemento sarà del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/mc di materiale compattato.

84. La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento in funzione della granulometria del materiale da impiegare.

85. La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm

86. 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 2,00 m, quella superiore pari a  $2,00\text{ m} + \frac{3}{2}h$  e l'altezza  $h$  coincidente con quella del rilevato.

87. 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.

88. Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo il caso che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel quale detti gradoni non saranno necessari, e che sia tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

89. La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, si da ottenere i migliori risultati.

90. La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

91. Si potrà provvedere all'inerbimento mediante sistemi alternativi ai precedenti, purché concordati con la Direzione Lavori.

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

93. Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

94. Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni e della deformabilità.

95. Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo del tipo A6 e A7.

96. Restando ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.

#### **Condizioni climatiche**

97. 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 (es.: pietrame).

98. Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva si procederà, per il costipamento, mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati. che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

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

### **ART. 28 - SPECIFICA DI CONTROLLO - RILEVATI**

## Disposizioni generali

1. La seguente specifica si applica ai vari tipi di rilevato costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.
2. La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.
3. L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalla Circ. ANAS n° 14/1979.
4. 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.
5. I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.
6. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.
7. 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.
8. L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.
9. La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 2, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.
10. I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63, e riportati nell'allegata Tabella 1.
11. La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

**Tabella 95.1**

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

## Prove di laboratorio

### 12. Accertamenti preventivi:

- a) - Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate 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 0,4 UNI 2332;
  - prova di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) ;

b) - la caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 2.

#### Prove di controllo in fase esecutiva

13. L'impresa sarà obbligata 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 di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

14. I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

15. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

16. I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

17. La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 2.

#### Prove di controllo sul piano di posa

18. Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

19. 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.

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

21. Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato, e dovrà soddisfare alle specifiche riportate al punto "STRATO GRANULARE ANTICAPILLARE".

**Tabella 95.2**

Frequenza delle prove (almeno 1 ogni mc 1500)

TIPO DI PROVA	RILEVATI STRADALI				TERRE RINFORZATE	
	Corpo del rilevato		Ultimo strato di cm 30			
	primi 5000 mc	successivi mc	primi 5000 mc	successivi mc	primi 5000 mc	successivi mc
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						

“Lavori e servizi di somma urgenza finalizzati all'esecuzione di attività indifferibili al fine di garantire la pubblica incolumità e la percorribilità in sicurezza della S.S. 13 “Pontebbana” lungo il viadotto compreso fra il km 196+480 ed il km 198+550 in Comune di Pontebba”

Capitolato speciale d'appalto – Norme Tecniche

**Tabella 95.3 - Formazione del Rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali**

**CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE C.N.R.-U.N.I. 10006**

Classificazione generale	Terre ghiaio argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
Gruppo	A 1		A 3	A 2				A 4	A 5	A 6	A 7		A 8	
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6		
Analisi granulometrica Frazione passante allo staccio														
2        UNI 2332 %	≤ 50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
0,4     UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
0,075   UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 - UNI 2332														
Limite liquido	–		–	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40	
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	IP ≤ LL . 30	IP > LL.30		
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compres- sibili	Limi forte- mente compres- sibili	Argille poco compres- sibili	Argille for- temente compressi- bili media- mente plastiche	Argille for- temente compressi- bili forte- mente plastiche	Torbe di recente o remota forma-zione, detriti organici di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna e lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elev.		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa							Scarsa o nulla			
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto. Incoerent i 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*. Tenaci allo stato asciutto. Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido.			Fibrosi di color bruno o nero. Facilmente indi- viduabili 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 scomparirà comprimendo il campione fra le dita.														

\* 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 scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

### **Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o cemento**

22. 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.
23. 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.

#### **Prove di laboratorio**

24. Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:
- a) - analisi granulometrica (una almeno ogni 1.000 mc di materiale);
  - b) - determinazione del contenuto naturale d'acqua (una ogni giorno);
  - c) - determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (una ogni giorno);
25. Sul materiale trattato, verranno effettuate le seguenti prove:
- a) - Polverizzazione del materiale trattato (una ogni 500 mq)
  - b) - CBR (dopo 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua) (una ogni 500 mq)

#### **Prove in sito**

26. Le caratteristiche dei materiali, posti in opera, saranno inoltre accertate mediante le seguenti prove in sito:
- a) - Massa volumica della terra in sito (una ogni 1000 mc)
  - b) - Prova di carico con piastra circolare (una ogni 1000 mc);

#### **Prove di controllo sul piano di posa**

27. 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 1000 mq
28. 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.

### **Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile**

29. 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.

#### **Prove di laboratorio**

30. Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:
- a) - determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
  - b) - determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
  - c) - 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);
  - d) - prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;
31. Sarà effettuata una prova ogni 500 mc di materiale da porre in opera.

#### **Prove in sito**

32. Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:
- a) - Massa volumica della terra in sito;
  - b) - Prova di carico con piastra circolare;
33. Sarà effettuata una prova ogni 500 mc di materiale posto in opera.

## **ART. 29 - CONTROLLO SCAVI**

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

#### **Prove di laboratorio**

2. Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:
- a) - 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 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

**b) - 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 500 mc di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

**Prove in sito**

**c) - 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.

**d) - 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 dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.
- Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

## **CAPO 5 - SOVRASTRUTTURE STRADALI**

### **ART. 30 - MANTI BITUMINOSI**

#### **1 Generalità**

Nel seguito vengono specificate le generalità.

##### **1.1 Descrizione sommaria delle opere**

Il presente capitolato riguarda le prescrizioni tecniche per l'appalto della costruzione della fondazione stradale e/o la pavimentazione in conglomerato bituminoso, cioè degli strati inferiori legati e non, e superiori legati con bitume, della sovrastruttura stradale e comprende l'esecuzione di alcuni o tutti i seguenti lavori:

- costruzione dei vari strati della fondazione stradale in misto granulare stabilizzato,
- costruzione dei vari strati della fondazione stradale in stabilizzato misto cementato,
- costruzione dei vari strati in conglomerato bituminoso (conglomerati bituminosi a caldo tradizionali, conglomerati bituminosi a caldo migliorati, manti di usura speciali: tappeti drenanti, semiaperti-drenanti e splitmastix, antiskid)

I vari strati costituenti il corpo stradale nel suo complesso, ed in ciascuno strato componente, devono presentare una idonea portanza (resistenza meccanica) alle sollecitazioni statiche e dinamiche, senza subire cedimenti e/o deformazioni permanenti in tutta la struttura.

La pavimentazione in conglomerato bituminoso nel suo complesso, ed in ciascuno strato componente, deve presentare idonea stabilità (resistenza meccanica) alle sollecitazioni statiche e dinamiche, senza rotture e/o deformazioni permanenti in tutto il campo di variabilità delle temperature di esercizio.

In particolare lo strato di usura, a diretto contatto con il traffico e con gli agenti atmosferici, deve presentare una superficie continua, uniforme e ben livellata entro le tolleranze di progetto, con elevato "coefficiente di aderenza trasversale C.A.T." (antisdruciolevolezza), ed essere resistente all'usura.

In linea generale, salvo diversa disposizione della D.L., la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del 2,5%, raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di m 0,50. Alle banchine sarà ugualmente assegnata la pendenza trasversale del 2,5 %. Per le sedi unidirezionali delle strade, nei tratti in rettilineo, si adotterà di norma la pendenza trasversale del 2,5%. Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con la pendenza prevista da progetto in accordo con la D.L., in funzione del raggio di curvatura e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettilinei o altre curve precedenti e seguenti.



Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dal progetto in accordo con la D.L.

I materiali, le terre, impiegati nella realizzazione della sovrastruttura, nonché la loro provenienza dovranno soddisfare le prescrizioni riportate in questa sezione mediante prove sperimentali, controlli, verifiche, analisi da eseguirsi secondo le prescrizioni e la normativa vigente. L'approvazione della D.L. circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la riuscita del lavoro.

L'Impresa dovrà curare di garantire nel tempo la costanza delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura finita in opera e di tutte le caratteristiche prestazionali tipo portanza, antisdrucchiolevolezza e regolarità.

Salvo che non sia diversamente imposto dai punti seguenti, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto più di 0,5 cm, controllata a mezzo di un regolo lungo 4,50 m disposto secondo due direzioni ortogonali, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 3%, rispetto agli spessori di progetto, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre all'usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti. Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva. Di norma la pavimentazione stradale sul ponte deve essere tale da non introdurre apprezzabili variazioni di continuità rispetto alla strada nella quale il ponte è inserito.

Pertanto, in linea di massima, nel caso di sovrastrutture di tipo "flessibile", salvo casi particolari, sul ponte devono proseguire gli strati superiori di pavimentazione in conglomerato bituminoso. Anzidetta pavimentazione deve presentare pendenza trasversale minima non inferiore al 2,5%.

Il conglomerato bituminoso deve presentare una percentuale di vuoti particolarmente bassa onde ridurre i pericoli di permeabilità e saturazione d'acqua nella pavimentazione, facilitate dalla presenza della sottostante impermeabilizzazione, aventi idonee caratteristiche tecniche costruttive.

## **1.2 Qualità e provenienza dei materiali**

### **1.2.1 Condizioni generali di accettazione**

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi, nei regolamenti, nelle Norme armonizzate e vigenti in materia (anche se non espressamente richiamate nel presente Capitolato Speciali d'Appalto) e nei successivi punti descrittivi; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e sul mercato.

I materiali utilizzati dovranno essere qualificati in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106/CEE, recepita in Italia Mediante il regolamento di attuazione DPR 246/93.

Qualora il materiale da utilizzare sia compreso nei prodotti coperti dalla predetta Direttiva, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla Marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA delle singole Norme armonizzate, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori. I materiali anche quelli prodotti da processi di riciclaggio, saranno provenienti da località o cave che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'appaltatore resta totalmente responsabile della buona riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. La Direzione Lavori potrà ordinarne la conservazione nei locali da essa indicati, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità, l'integrità e la conservazione.

Gli studi di progetto, che accompagnano i materiali per le prove di verifica, corredati da una completa documentazione delle formulazioni effettuate devono essere presentati alla D.L. in originale e copia conforme, firmati dal responsabile dell'impresa.

Il rispetto delle formulazioni originali e/o delle loro modifiche, anche se indicate dal committente, non eliminano la responsabilità dell'Impresa nell'ottenimento in opera delle prestazioni previste per i singoli strati e per il lavoro complessivo.

La D.L. potrà comunque effettuare, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in cantiere di stesa ed in impianto, in relazione ai risultati su strada o sui campioni di laboratorio, in contraddittorio, prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera: a seguito di questi controlli potranno intervenire in ogni momento sulle operazioni che non garantiscono i risultati richiesti.

## **2 Fondazione Stradale In Misto Granulare Stabilizzato**

La fondazione in oggetto è costituita da miscela di terre granulometricamente stabilizzate; la frazione grossa della miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cave, scorie d'altoforno o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla D.L.

Lo strato di fondazione potrà essere formato da materiale idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione, inoltre potranno essere eventualmente impiegate, su specifica indicazione della D.L., idonee miscele provenienti dal processo di riciclaggio di materiali edili.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dal progetto o dalla D.L. e verrà realizzato mediante sovrapposizione di strati successivi.

## 2.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

### 2.1.1 Aggregati

Gli aggregati impiegati dovranno essere conformi alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242.

L'aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura diversa purché per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti riportati in Tabella 2 1.

AGGREGATI			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
dimensione max	UNI EN 933-1 e 3	mm	≤63
quantità di frantumato	UNI EN 933-4	%	≥70
resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤30
resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤1
Coefficiente di Appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤35
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	%	≤35
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥60
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	≤15
indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3		ASSENTI
sostanze organiche	UNI EN 1744-3		ASSENTI

Tabella 2 1

### 2.1.2 Miscele

La composizione granulometrica della miscela, determinata in conformità alla norma UNI EN 13285 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2, dovrà essere compresa nei limiti di fuso riportati in Tabella 2 2.

FUSO GRANULOMETRICO FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULARE	
apertura setacci (mm)	Passante totale in peso (%)
63	100
31.5	75-100
25	66-93
20	60-87
16	53-81
12,5	46-76
8	35-67
4	25-55
2	15-40
0.5	7-23
0.25	5-17
0,063	2-9

Tabella 2 2

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare per lo strato di fondazione dovrà avere le caratteristiche granulometriche conformi ai requisiti definiti in Tabella 2 3

CARATTERISTICHE MISCELA			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore richiesto
contenuto massimo dei fini	UNI EN 13285	%	≤5
contenuto minimo dei fini	UNI EN 13285	%	≥2
sopravaglio	UNI EN 13285	%	da 85 a 99

Tabella 2 3

L'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) sul materiale passante al setaccio 45, dopo quattro giorni di imbibizione in acqua, non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 50. È richiesto inoltre che tali condizioni siano verificate per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto l'umidità ottimale di costipamento.

## 2.2 Accettazione delle miscele

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle Lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione uno studio comprendente:

- la composizione dei misti granulari che intende adottare;
- gli attestati di conformità CE
- la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor modificata (UNI EN 13286-2)
- l'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione (UNI EN 13286-47)

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio sui campioni prelevati, prima dell'inizio delle lavorazioni.

Contemporaneamente l'impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno accertati dalla Direzione Lavori con controlli sia preliminari che in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo aver effettuato il costipamento.

## 2.3 Posa in opera

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm 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 con idonei spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

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 materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con prove sperimentali, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portate all'eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere le caratteristiche specificate in Tabella 2 4

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore richiesto
densità in sito	DIN 18125 UNI EN 13286-2	%	≥98*
indice di portanza C.B.R.	UNI EN 13286-47	%	>50 **
modulo di deformazione (Ev2) con rapporto Ev2 / Ev1 inferiore a 2,15	CNR 146 DIN 18134	MN/m2	≥100
modulo di deformazione dinamica	DIN 18134	MN/m2	≥***

Tabella 2 4

\* delle densità massima fornita dalla prova Proctor modificata (UNI EN 13286-2)

\*\* su miscele compattate secondo AASHTO modificata dopo quattro giorni di imbibizione in acqua

\*\*\* DA DETERMINARE SPERIMENTALMENTE (CAMPO PROVE) IN CANTIERE 2.4 Controlli

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che con prove sullo strato finito.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella 2.5. I controlli di accettazione sugli aggregati di cui al paragrafo 2.1.1, saranno effettuati prima dell'inizio dei Lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali.

Nell'ambito dei controlli la granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo aver effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singoli percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i limiti relativi del fuso assegnato.

A compattazione ultimata la densità in sito, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure di densità sono effettuate secondo la norma DIN 18125 UNI EN 13286-2.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10% dell'Importo dello strato, per densità in sito comprese tra il 95 e 98% del valore di riferimento
- del 20% dell'Importo dello strato, per densità in sito comprese tra il 93 e 95% del valore di riferimento

Valori di densità inferiori al 93% a quello previsto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Le prove di portanza devono essere effettuate, prima della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, con prove di carico su piastra da 300 mm. Il modulo di deformazione deve risultare superiore a 100 MN/m<sup>2</sup>.

Per valori medi del modulo di deformazione inferiori fino al 10% rispetto al valore richiesto, al misto granulare viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze comprese tra il 10% ed il 25% al misto granulare viene applicata una detrazione del 25% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito a spese dell'Impresa.

La superficie finita deve risultare perfettamente piana, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiore a 10 mm, controllati a mezzo di un regolo di 4m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La verifica delle quote di progetto va eseguita con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 metri nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 metri nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale.

Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota va verificata la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra e a sinistra dell'asse stradale.

Lo spessore medio deve essere quello prescritto, con una tolleranza più o meno 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

Tipo di prova	Ubicazione	Frequenza	Requisiti richiesti
Aggregato	impianto	iniziale, poi ogni sei mesi	riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b> <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Miscela	strato finito	1000 mc di strato omogeneo	riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b> <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Densità in sito	strato finito	1000 mq di fascia stesa	riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Indice portanza CBR fondazioni	strato finito	1000 mq di fascia stesa	CNR BU 10009-64
Modulo di deformazione (Ev2)	strato finito	1000 mq di fascia stesa	riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b> - prestazioni previste in progetto
Densità in sito strati Fondazioni	strato finito	1000 mq di fascia stesa	riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b> - prestazioni previste in progetto

Tabella 2 5 3

### 3 Fondazione In Misto Cementato Prodotto In Impianto

Il misto cementato per fondazione o per base sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto con dosatori a peso o a volume, da stendersi in unico strato dello spessore finito indicato in progetto e comunque non dovrà mai avere uno spessore finito superiore ai 20 cm o inferiore ai 10 cm.

#### 3.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

##### 3.1.1 Aggregati

Gli aggregati impiegati dovranno essere conformi alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242.

L'aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti riportati in Tabella 3 4.

AGGREGATI			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
dimensione max	UNI EN 933-3	mm	≤45
quantità di frantumato	UNI EN 933-4	%	≥70
resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤30
resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤1
Coefficiente di Appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤35
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	%	≤35
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥60
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	≤15
indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3		ASSENTI
sostanze organiche	UNI EN 1744-3		ASSENTI

Tabella 3 4

##### 3.1.2 Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. Si potranno impiegare i seguenti tipi di cemento:

- Tipo I (Portland)
- Tipo II (Portland composito)
- Tipo III (d'altoforno)
- Tipo IV (pozzolanico)
- Tipo V (Composito)

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% ed il 3,5% sul peso degli aggregati asciutti.

##### 3.1.3 Acqua

L'acqua dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche, olii, acidi, alcali, frazioni limo argillose e qualsiasi sostanza nociva. In casi di dubbio la Direzione lavori richiederà la verifica ai sensi della norma UNI EN 1008. La quantità di acqua dovrà essere quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento determinata nello studio della miscela con variazione compresa tra  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate. L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi. Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno procedere alla miscelazione con eccesso di acqua ed eventualmente umidificare il misto cementato, prima della compattazione.

##### 3.1.4 Additivi

È ammesso l'uso di additivi conformi alla norma UNI EN 934-2. Il loro dosaggio sarà stabilito con prove di Laboratorio, nella fase di studio delle miscele.

##### 3.1.5 Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali. È ammesso l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio in fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% in peso del cemento indicato in prima istanza.

### 3.2 Miscele

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 3.2.

FUSO GRANULOMETRICO FONDAZIONE STRADALE IN MISTO CEMENTATO	
apertura setacci (mm)	Passante totale in peso %
45	100
31.5	90-100
16	60-80
8	40-55
4	26-40
2	17-30
1	12-22
0,5	6-15
0,25	4-10
0,125	2-6
0.063	2-5

Tabella 3.2

Il contenuto di cemento, delle ceneri volanti, ed il contenuto d'acqua della miscela, saranno espressi come percentuale in peso rispetto al totale della miscela degli aggregati. Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio effettuato con le modalità e prove previste dal B.U. CNR n° 29. In alternativa la resistenza potrà essere valutata con i metodi descritti dalla norma UNI EN 14277-1. Le miscele adottate dovranno avere le caratteristiche riportate nella Tabella 3.3.

Parametro	normativa	unità di misura	valore richiesto
resistenza a compressione a 7 gg	CNR 29/72	N/mm <sup>2</sup>	$2,5 \leq R_c < 4,5$
resistenza a trazione indiretta a 7 gg (prova Brasiliana)	CNR 97/84	N/mm <sup>2</sup>	$\geq 0,25$

Tabella 3.3

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>.

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo e disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59°.

#### 3.2.1 Accettazione della miscela

L'impresa è tenuta a trasmettere alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, una documentazione riguardante il progetto delle miscele che intende adottare comprendente:

- la composizione delle miscele studiate
- l'attestato di conformità CE delle pezzature di aggregato impiegate
- la granulometria delle miscele di aggregato studiate
- la composizione delle miscele studiate
- i risultati delle prove meccaniche

La documentazione dello studio di composizione effettuato non dovrà essere più vecchio di un anno.

Una volta accettato da parte della direzione lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### 3.2.2 Produzione e confezione delle miscele

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati di idonee caratteristiche, mantenuti sempre in ordine e perfettamente funzionanti 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. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà

preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia e l'omogeneità degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con pre-dosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

### **3.3 Posa in opera**

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di questo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. E' inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato saranno realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni metereologici che o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a cura e spese dell'Impresa.

### **3.4 Protezione superficiale**

Appena completati il costipamento e la rifinitura superficiale dello strato, dovrà essere eseguita la stesa di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55%, in ragione di 1,0-2,0 kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà essere sottoposta la fondazione, con successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a cura e spese dell'Impresa.

### **3.5 Requisiti di accettazione e norme di controllo delle lavorazioni**

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 3 4.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato; i valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione consegnata prima dell'inizio dei lavori. per quanto riguarda l'analisi granulometrica verrà ammessa una tolleranza di  $\pm 5$  punti % fino al setaccio 4 mm e di  $\pm 2$  punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso. per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6393.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli dello spessore, della densità in sito e della portanza.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Per spessori medi inferiori al 95% dello spessore di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante dallo spessore di progetto.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

A compattazione ultimata la densità in sito (DIN 18125-1 o -2), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 %;

- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 %;

Valori della densità inferiori al 92% del valore di riferimento comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La misura della portanza viene determinata con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD. Il Modulo di deformazione Ev2 deve risultare non inferiore a 180 MN/m2 entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 220 MN/m2 dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato.

Nei casi in cui il valore di portanza entro le 24 ore risulti superiore al valore minimo ( $Ev2 \geq 200 \text{ MN/m}^2$ ) lo strato viene accettato senza l'ulteriore controllo a 3 giorni.

Per valori del modulo di deformazione Ev2 inferiori fino al 10% rispetto al valore richiesto, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze comprese tra il 10% ed il 25% viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 25%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito a spese dell'Impresa.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un'asta o regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella 3.4.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Acqua	Impianto	iniziale	Riferimento par. <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
cemento	impianto	iniziale	riferimento par. <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	curva granulometrica di progetto- contenuto di cemento
Carote per spessori	Pavimentazione	ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
strato finito densità in sito	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
strato finito portanza tre giorni dopo la posa in opera	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	$E_{v2} \geq 220 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,15$

Tabella 3.4

#### 4 Fondazione Sottobase In Misto Cementato, Con La Tecnica Della Miscelazione In Sito

Il misto cementato destinato all'ultimo strato di fondazione realizzato con miscelazione in sito sarà costituito da una miscela di inerti costituenti la preesistente fondazione in misto granulare o da materiale nuovo da miscelare in sito, mediante idonei miscelatori (pulvimixer), dopo aggiunta di calce o cemento ed acqua, per spessori variabili complessivi da 15 a 25 cm.

Altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori a 15 cm e non superiori a 30 cm.

##### 4.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

###### 4.1.1 Inerti

Nel caso di impiego della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille) e la rispondenza alle prescrizioni granulometriche (UNI EN 933-1) indicate nel fuso seguente:

FUSO GRANULOMETRICO FONDAZIONE MISTO GRANULARE STABILIZZATO A CEMENTO	
apertura setacci (mm)	Passante totale in peso (%)
63	100
31.5	75-100
25	66-93



FUSO GRANULOMETRICO FONDAZIONE MISTO GRANULARE STABILIZZATO A CEMENTO	
apertura setacci (mm)	Passante totale in peso (%)
20	60-87
16	53-81
12,5	46-76
8	35-67
4	25-55
2	15-40
0.5	7-23
0.25	5-17
0.063	2-9

Tabella 4 1

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la D.L. potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto e per un massimo del 20% in peso del totale della miscela.

Nel caso di impiego di misto granulare nuovo o da riciclaggio, qualora autorizzato dalla D.L., la curva granulometrica finale dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso riportato in Tabella 4 1; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso per abrasione Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore a 30% in peso.

L'indice di plasticità dovrà risultare uguale a zero.

#### 4.1.2 Leganti

Verrà impiegato cemento Portland, d'alto forno o pozzolanico di classe 325. calce idrata. A titolo indicativo la percentuale di legante sarà compresa tra il 3,5% e il 5% sul peso degli inerti asciutti (corrispondenti circa a 50-80 kg/m<sup>3</sup>).

#### 4.1.3 Acqua

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

La quantità di acqua dovrà essere quella corrispondente all'umidità ottimale di costipamento determinata nello studio della miscela con variazione compresa tra  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi. Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno procedere alla miscelazione con eccesso di acqua ed eventualmente umidificare il misto miscelato, prima della compattazione.

### 4.2 Miscele

#### 4.2.1 Studio e verifica della miscela in laboratorio

L'Impresa dovrà proporre alla D.L. la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di legante, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (CNR UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>, procedimento AASHTO modificato).

Per la preparazione dei provini, gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78. La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro, con il legante e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente. I campioni da confezionare in laboratorio dovranno essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta (norma CNR B.U. n.29-72) con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (procedimento AASHTO modificato).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20°C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 25 Kg/cm<sup>2</sup> e non superiori a 45 Kg/cm<sup>2</sup> (CNR B.U. n° 29-72), ed a trazione indiretta secondo la prova "brasiliiana" non inferiori a 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> (CNR B.U. n° 97-84). Per particolari casi e facoltà della D.L. potranno essere accettati valori di resistenza a compressione fino a 75 kg/cm<sup>2</sup> (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di  $\pm 15\%$ , altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti le curve, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

#### **4.3 Modalità esecutive**

La eventuale demolizione degli strati legati a bitume, realizzata secondo quanto definito dalla D.L., dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla D.L. e che comunque non dovrà essere inferiore a 4,5 m. alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti longitudinali dei vari strati eventualmente gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,5 m (salvo espresse indicazioni della D.L.).

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazione in misto granulare o stabilizzato molto compromesse per la presenza di sostanze argillose o altro, si procederà, dietro preciso ordine della Direzione Lavori alla loro demolizione e asportazione.

La ricostruzione della fondazione sarà effettuata mediante la posa in opera di uno strato di misto granulare e/o misto cementato confezionato in Impianto secondo disposizioni della Direzione Lavori.

Nei casi di fondazione in misto granulare parzialmente compromessa (al di sotto del 50% della superficie dello scambio da risanare) si dovrà provvedere alla sostituzione dei materiali non idonei con materiali nuovi di caratteristiche granulometriche uguali a del materiale fresco di apporto descritte al punto 4.1.1., salvo diverso avviso della Direzione Lavori.

La rimozione della parte di strato da trattare dovrà essere realizzata mediante scarifica con idonea pala cingolata munita di "rippers" per uno strato non inferiore a 20 cm, comunque da concordare con la Direzione dei Lavori.

Il cemento verrà distribuito in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori. Se inizia a piovere durante questa operazione, sarà necessario interrompere la distribuzione del cemento ed iniziare immediatamente la miscelazione del cemento con il misto granulare.

La miscelazione, proceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla Direzione Lavori in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 20 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali: pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5° C e 35° C.

Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno ai 18°C e con tasso di Umidità di circa 50%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della Direzione Lavori.

Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento.

Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e risagomatura; dovranno essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- Rullo a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t.
- Rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm con carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti gommati comunque tutti approvati dalla D.L., delle stesse caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 40°C e mai sotto la pioggia. Tuttavia, a discrezione della D.L., potrà essere consentita la stesa a temperature diverse.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 25°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; 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. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni

meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

#### 4.4 Norme di controllo delle lavorazioni

Con esami giornalieri dovrà essere verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele. Verrà ammessa una tolleranza di  $\pm 5$  punti % fino al passante al setaccio 4 mm e di  $\pm 2$  punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Potranno essere confezionati provini alla stesa od in laboratorio, con le stesse modalità e prescrizioni riportate al punto 4.2.1 (la miscela prelevata all'impianto od alla stesa dovrà essere opportunamente protetta dall'evaporazione dell'acqua e compattata mai oltre le due ore dalla preparazione).

Sui provini saranno eseguite le prove di costipamento.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 98% nelle prove AASHTO modificato nel 98% delle misure effettuate (DIN 18125-1 o-2). Il valore del modulo di deformazione  $E_{v2}$  determinato con piastra da 30 cm di diametro (DIN 18134) determinato nell'intervallo compreso tra 1,5 e 2,5 daN/cm<sup>2</sup>, rilevato in un tempo compreso fra 1 giorno e 3 giorni dalla compattazione non dovrà mai essere inferiore a 180 MN/m<sup>2</sup> (CNR B.U. n°146-92). Per valori del modulo di deformazione  $E_{v2}$  inferiori al 25% verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 20% del prezzo di elenco. Carenze superiori al 50% del modulo di deformazione  $E_{v2}$  comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori del modulo di deformazione  $E_{v2}$  inferiori fino al 10% rispetto al valore richiesto, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze comprese tra il 10% ed il 25% viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 25%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito a spese dell'Impresa.

La superficie finita dello strato non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un'asta o regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore stabilito dovrà avere tolleranze in difetto non superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario le zone con spessore in difetto saranno deprezzate del 20%.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella 4 2.

TIPO DI PROVA	FREQUENZA	NORMA DI PROVA
Classificazione terre fondazioni	2000 mc di strato omogeneo	CNR UNI 10006-63
Costipamento Fondazioni	2000 mc di strato omogeneo	AASHTO modificato CNR BU 69-78
Indice portanza CBR fondazioni	2000 mc di strato omogeneo	CNR BU 10009-64
Prova piastra strati fondazioni	1000 mq di strato omogeneo	CNR BU 146-92 SNV 630317a
Densità in sito strati Fondazioni	1000 mq di strato omogeneo	CNR BU 22-72
Resistenza alla compressione	2000 mc di strato omogeneo	CNR BU 29-72

Tabella 4 2

## 5 Pavimentazioni In Conglomerato Bituminoso

Nel seguito i dettagli necessari.

### 5.1 Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali

I conglomerati bituminosi a caldo tradizionali sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume, additivi, ed eventuale conglomerato riciclato.

I materiali oggetto della fornitura dovranno corrispondere ai 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 delle presenti Norme.

In particolare, e per quanto applicabile, si fa esplicito riferimento al D.P.R. 21.04.1993, n. 246 di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione e 10.12.1997, n. 499 Regolamento recante norme di attuazione della Direttiva 93/68/CEE per la parte che modifica la Direttiva 89/106/CEE in materia di prodotti da costruzione.

Nell'ambito di tale direttiva si richiama la seguente norma elaborata dal CEN:

- UNI EN 13108/1 (Miscele Tradizionali)
- UNI EN 13108/7 (Drenanti)
- UNI EN 13108/20 (Prove di tipo ITT)

- UNI EN 13108/21 (Controllo di produzione in fabbrica FPC).

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

#### 5.1.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

##### 5.1.1.1 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume Normale ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali).

Il bitume deve essere del tipo 50/70 con le caratteristiche indicate nella Tabella 5 1.

#### BITUME 50/70

Parametro	Normativa	unità di misura	valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 56
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	□ - 8
Viscosità dinamica a 160°C, □ = 10s-1	UNI EN 13302	Pa·s	>0,10
Valori dopo RTFOT	EN12607-1		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	%	□ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	□ 50
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	□ 9

Tabella 5 1

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

##### 5.1.1.2 Aggregati

Gli aggregati lapidei, di primo impiego, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi normali. Gli aggregati di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati impiegati dovranno essere conformi alla direttiva 89/106/7CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata da marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati (un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata) da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purchè, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 5 2 e nella Tabella 5 3 al variare del tipo di strada.

AUTOSTRADE e EXTRAURBANE PRINCIPALI					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25	≤ 25	≤ 20
Micro Deval umida (*)	UNI EN 1097-1	%	≤ 20	≤ 20	≤ 15
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	≥90	100	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40	30	20
resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤30	≤ 30	≤ 30
Affinità aggregato-bitume a 24h	UNI EN 12697-11	%	>60%	>60%	>65%
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤1	≤1	≤1

Coefficiente di Appiattimento	UNI EN 933-3	%		≤ 25	≤20
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	%		≤1,5	≤1,5
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	%			≥45

(\*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

Tabella 5 2

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO, URBANE DI QUARTIERE E LOCALI					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2	%	≤30	≤25	≤20
Micro Deval umida (*)	UNI EN 1097-1	%	≤25	≤25	≤15
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	≥70	100	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40	30	20
resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤30	≤30	≤30
Affinità aggregato-bitume a 24h	UNI EN 12697-11	%	>60%	>60%	>65%
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤1	≤1	≤1
Coefficiente di Appiattimento	UNI EN 933-3	%		≤30	≤30
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	%		≤1,5	≤1,5
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	%			≥45

(\*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

Tabella 5 3

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con Valore di Levigabilità ≥43, pari almeno al 50% del totale dell'aggregato grosso.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali similari, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (Valore di Levigabilità ≥ 50) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso pari almeno al 50% del totale dell'aggregato grosso, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume normale devono possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 5 4 e nella Tabella 5 5.

AUTOSTRADE e EXTRAURBANE PRINCIPALI					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥50	≥60	≥75
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤25		
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%		≤2	≤2
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%		100	100

Tabella 5 4

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		

Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥50	≥60	≥70
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤25		
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%		≤2	≤2
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%		≥90	100

Tabella 5 5

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, dovrà essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume normale deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 5 6.

TUTTE LE STRADE			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Affinità aggregato-bitume a 24h	UNI EN 12697-11	%	≤5
Passante allo 0.2	UNI EN 933-10	%	100
Passante allo 0.0063	UNI EN 933-10	%	≥80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-4	%	30-45
Stiffening Power (Rapporto filler/bitume =1,5)	UNI EN 13179-1	%	≥5

Tabella 5 6

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti nella Tabella 5 2, nella Tabella 5 3, nella Tabella 5 4, nella Tabella 5 5, nella Tabella 5 6. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

#### 5.1.1.3 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione sono sostanze tensioattive, che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nella Tabella 5 2, nella Tabella 5 3, nella Tabella 5 9 e nella Tabella 5 10. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume potranno essere verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta ad inviare al Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori un campione dell'attivante di d'adesione che intende utilizzare.

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 5 7. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto. Per determinare la quantità di ACF da impiegare si deve preventivamente calcolare la percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere con la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove:

Pn = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

Pt = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

Pv = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

Pr = valore decimale della percentuale di conglomerato riciclato.

Il valore di Pt viene determinato con l'espressione:

$$Pt = 0,035 a + 0,045 b + cd + f$$

dove:

Pt = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

a = % di aggregato trattenuto al setaccio UNI 2 mm;

b = % di aggregato passante al setaccio UNI 2 mm e trattenuto al setaccio 0,063 mm;

c = % di aggregato passante al setaccio 0,063 mm;

d = 0,15 per un passante al 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

d = 0,18 per un passante al 0,063 mm compreso tra 6 e 10;

d = 0,20 per un passante al 0,063 mm  $\leq 6$ ;

f = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire in un diagramma viscosità (a 60 °C) percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo) una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate secondo i criteri precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 5% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

Da questo diagramma mediante interpolazione lineare è possibile dedurre, alla viscosità di 2000 Pa·s, la percentuale di rigenerante necessaria.

Alternativamente, si consiglia di dosare la percentuale di ACF in ragione di 0.5% sul peso del bitume aggiunto per ogni 10% di fresato, verificandone a posteriori l'effettiva attività rigenerante.

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza degli ACF nel bitume viene accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica).

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa·s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

Tabella 5 7

Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Le percentuali in peso di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

- conglomerato per strato di base:  $\leq 25\%$
- conglomerato per strato di collegamento:  $\leq 15\%$
- conglomerato per binder multifunzionale e tappeto di usura: escluso l'impiego

Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

#### 5.1.2 Miscele

La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 5 8. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 8.

Serie setacci		Base	Binder			Usura		
	mm		Binder 0-12 per ricariche	Binder 0-25	Binder multifunzionale	A (0-25)	B (0-15)	C (0-10)
setaccio	31,5	100	-	-		-	-	-
setaccio	25	80-100	-	-		-	-	-
setaccio	20	70-95	-	100	100	100	100	-
setaccio	12,5	45-70	100	65 – 85	80-95	90 – 100	100	100
setaccio	8	35-60	70-90	55 – 75	58-80	70 – 90	70-90	90-100
setaccio	4	25-50	40-60	35 – 55	40-55	40 – 55	40-60	38-48
setaccio	2	20-35	25-38	25 – 38	25-40	25 – 38	25-38	25-35
setaccio	0,5	7-21	12-21	11 – 21	11-24	12 – 21	12-21	13-21
setaccio	0,25	5-16	9-16	6 – 16	9-17	9 – 16	9-16	10-17
setaccio	0,063	4 – 7	6-9	4 – 7	6-9	6 – 9	6-9	8– 14
% di bitume rispetto gli inerti		4,0 – 5,0	4,5-5,5	4,5-5,5	4,5-5,5	4,8- 5,8	5,0- 6, 0	5,5- 6,2
Spessore, cm		> 6 cm	<4 cm	> 4 cm	> 4 cm	> 4 cm	3-4 cm	2-3 cm

Tabella 5 8

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3–4 cm, il fuso C per spessori di 2 - 3 cm. Per il fuso C almeno il 75% dell'Aggregato (grosso + fino) dovrà derivare da frantumazione di inerti che soddisfino i requisiti indicati in Tabella 5 2 e in Tabella 5 3, per gli strati di usura.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in Tabella 5 9 ed in Tabella 5 10.



METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione				
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder 0-12 Binder 0-25	Binder multifunzionale	Usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02			
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30			
Pressione verticale	Kpa	600			
Diametro del provino	mm	150			
Risultati richiesti					
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 – 14	10-14	10 – 14	10 – 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3 – 5	3-5	3 – 5	4 – 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	>2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	>50	>50	>50	>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤25	≤25	≤25	≤25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					
metodo di prova UNI EN 12697-31					

Tabella 5 9

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione				
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder 0-12 binder 0-25	Binder multifunzionale	Usura
Costipamento	75 colpi x faccia				
Risultati richiesti					
Stabilità Marshall	KN	8	10	10	12
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,5		3-4,5	3-4,5
Vuoti residui (*)	%	4 – 7	3-7	4 – 6	3 – 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤25	≤25	≤25	≤25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	≥0,4	≥0,4	≥0,5	≥0,7
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 60	> 60	> 65	> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>					
metodo di prova UNI EN 12697-34					

Tabella 5 10

#### 5.1.2.1 Accettazione delle Miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima della posa in opera e per ciascun impianto di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati comprendente anche gli attestati di conformità CE delle miscele.

La documentazione dello studio di composizione effettuato non dovrà essere più vecchio di un anno.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 7$ ; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 4$ ; scostamenti del passante al setaccio 0,063 mm contenuti in  $\pm 2$ .

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### 5.1.2.2 Confezionamento delle Miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purchè il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Nel caso di eventuale impiego di conglomerato riciclato l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato, ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere 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 devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

#### 5.1.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 5 11, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m<sup>2</sup>.

Per mano d'attacco si intende una emulsione applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione del nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da una emulsione bituminosa a rapida rottura avente le caratteristiche riportate in Tabella 5 11, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m<sup>2</sup>. Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente il dosaggio deve essere aumentato in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 Kg/m<sup>2</sup>.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

INDICATORE DI QUALITÀ	NORMATIVA	UNITÀ DI MISURA	CATIONICA 55%
Polarità	UNI EN 1430		positiva
Contenuto di acqua % peso	UNI EN 1428	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	55±2
Flussante (%)	UNI EN 1431	%	0-3
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	2-6
Sedimentazione a 7 gg	UNI EN 12847	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	180-200
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥30

Tabella 5 11

#### 5.1.4 Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono 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 deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve 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. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t. 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 deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

#### 5.1.5 Controlli

Tutti i tipi di strade

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 5 12 (resta salve diverse motivate valutazioni del DL). Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliiana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (UNI EN 12697-30); percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-30); perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (UNI EN 12697-12); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – UNI EN 12697-23).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui, il grado di costipamento e comunque tutti i parametri che saranno ritenuti necessari dalla direzione Lavori.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5% rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori al 95% dello spessore di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante dallo spessore di progetto.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, per ogni tratto omogeneo di stesa, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98% del valore del campione di conglomerato bituminoso prelevato al momento della stesa e compattato tramite pressa giratoria o metodo Marshall. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 %;
- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 %;

Valori della densità inferiori al 92% del valore di riferimento comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7,50% per gli strati di usura, di binder e di binder multifunzionale, e superiori all'8,50% per gli strati di base e binder 0-12, verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12,00%.

Valori dei vuoti superiori al 12,00% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per scostamenti della quantità di bitume riscontrata nelle carote o nei campioni prelevati al momento della stesa oltre la tolleranza ammessa del -0,25% dal valore previsto nello studio della miscela, verrà operata una detrazione per ogni 0,1 punto percentuale di scostamento pari al 2% del prezzo di elenco, per tutto il tratto omogeneo.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 15° ed il 180° giorno dall'apertura dal traffico verrà misurata l'aderenza (resistenza all'attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4. In alternativa potrà essere determinato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92). I valori di BNP (British Pendulum Number) dovranno essere maggiori o uguali a 60 (in alternativa CAT maggiore a 0,60).

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo<sup>5</sup>, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm.

Le misure di HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote.

Qualora il valore medio di BNP o HS, per ciascuna tratta omogenea, sia inferiore ai valori prescritti, verrà effettuata una detrazione pari 15% del prezzo di elenco.

Nei casi in cui il valore medio di BNP o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

## **6 Controlli**

### **6.1 Tutti i tipi di strade**

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. (resta salve diverse motivate valutazione del DL). Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (UNI EN 12697-30); percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-30); perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (UNI EN 12697-12); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – UNI EN 12697-23).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui, il grado di costipamento e comunque tutti i parametri che saranno ritenuti necessari dalla direzione Lavori.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5% rispetto a quello di progetto, valori corrispondente allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori al 95% dello spessore di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante dallo spessore di progetto.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, per ogni tratto omogeneo di stesa, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98% del valore del campione di conglomerato bituminoso prelevato al momento della stesa e compattato tramite pressa giratoria o metodo Marshall. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 %;
- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 %;

Valori della densità inferiori al 92% del valore di riferimento comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7,50% per gli strati di usura, di binder e di binder multifunzionale, e superiori all'8,50% per gli strati di base e binder 0-12, verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12,00%.

Valori dei vuoti superiori al 12,00% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per scostamenti della quantità di bitume riscontrata nelle carote o nei campioni prelevati al momento della stesa oltre la tolleranza ammessa del -0,25% dal valore previsto nello studio della miscela, verrà operata una detrazione per ogni 0,1 punto percentuale di scostamento pari al 2% del prezzo di elenco, per tutto il tratto omogeneo.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 15° ed il 180° giorno dall'apertura dal traffico verrà misurata l'aderenza (resistenza all'attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4. In alternativa potrà essere determinato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92). I valori di BNP (British Pendulum Number) dovranno essere maggiori o uguali a 60 (in alternativa CAT maggiore a 0,60).

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm.

Le misure di HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote.

Qualora il valore medio di BNP o HS, per ciascuna tratta omogenea, sia inferiore ai valori prescritti, verrà effettuata una detrazione pari 15% del prezzo di elenco.

Nei casi in cui il valore medio di BNP o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

#### 6.1.1 Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

TUTTE LE STRADE				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Impianto Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m³ di stesa	Riferimento <b>Tabella 5-1</b>
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m³ di stesa	Riferimento <b>Tabella 5-2</b> <b>Tabella 5-3</b>
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m³ di stesa	Riferimento <b>Tabella 5-4</b> <b>Tabella 5-5</b>
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m³ di stesa	Riferimento <b>Tabella 5-6</b>

TUTTE LE STRADE				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder	Conglomerato Miscela	In stesa	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato Miscela	In stesa	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Carote per spessori	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote per densità in sito, e percentuale di vuoti	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Usura	Pavimentazione (CAT, PTV, HS)	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 60 CAT ≥ 0,60 HS ≥ 0,4

Tabella 5 12

## 6.2 Conglomerati bituminosi a caldo migliorati

I conglomerati bituminosi a caldo migliorati sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume, polimeri, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

I materiali oggetto della fornitura dovranno corrispondere ai 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 delle presenti Norme.

In particolare, e per quanto applicabile, si fa esplicito riferimento al D.P.R. 21.04.1993, n. 246 di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione e 10.12.1997, n. 499 Regolamento recante norme di attuazione della Direttiva 93/68/CEE per la parte che modifica la Direttiva 89/106/CEE in materia di prodotti da costruzione.

Nell'ambito di tale direttiva si richiama la seguente norma elaborata dal CEN:

UNI EN 13108/1 (Miscele Tradizionali)

UNI EN 13108/7 (Drenanti)

UNI EN 13108/20 (Prove di tipo ITT)

UNI EN 13108/21 (Controllo di produzione in fabbrica FPC).

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

### 6.2.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

#### 6.2.1.1 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume Modificato ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali).

I bitumi possono essere:

- bitume modificato, contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche. Il bitume deve avere le caratteristiche indicate nella Tabella 5 13.

BITUME MODIFICATO			
parametro	Normativa	unità di misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥70
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 15
Viscosità dinamica a 160°C, γ =10s-1	UNI EN 13072-1	Pa·s	> 0,35
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	≥ 75%

Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Variazione del punto di Rammollimento			
Valori dopo RTFOT	UNI EN 12607-1		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5

Tabella 5 13

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

#### 6.2.1.2 Aggregati

Gli aggregati lapidei, di primo impiego o di riciclo, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi modificati. Gli aggregati di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati impiegati dovranno essere conformi alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata da marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043. L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da una frazione di elementi naturali tondeggianti nel solo strato di base, da elementi naturali tondeggianti frantumati (un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata) da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 5 14, e nella Tabella 5 15 al variare del tipo di strada.

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25	≤ 25	≤ 20
Micro Deval umida (*)	UNI EN 1097-1	%	≤ 20	≤ 20	≤ 15
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 90	100	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40	30	20
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
affinità aggregato bitume	UNI EN 12697-11	%	> 60%	> 60%	> 65%
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	%		≤ 25	≤ 20
Assorbimento d'acqua	UNI EN 933-3	%		≤ 1,5	≤ 1,5
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	%			≥ 45
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

Tabella 5 14

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 25	≤ 20
Micro Deval umida (*)	UNI EN 1097-1	%	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 70	100	100



Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40	30	20
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤30	≤30	≤30
affinità aggregato bitume	UNI EN 12697-11	%	>60%	>60%	>65%
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤1	≤1	≤1
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	%		≤ 20	≤20
Assorbimento d'acqua	UNI EN 933-3	%		≤1,5	≤1,5
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	%			≥45
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

Tabella 5 15

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con Valore di levigabilità  $\geq 43$ , pari almeno al 50% del totale dell'aggregato grosso.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali simili, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (valore levigabilità  $\geq 50$ ) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso pari almeno al 50% del totale dell'aggregato grosso, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione.

A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato devono possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 5 16 e nella Tabella 5 17.

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	$\geq 50$	$\geq 60$	$\geq 75$
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	$\leq 25$		
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%		$\leq 2$	$\leq 2$
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%		100	100

Tabella 5 16

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	$\geq 50$	$\geq 60$	$\geq 70$
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	$\leq 25$		
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%		$\leq 2$	$\leq 2$
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%		100	100

Tabella 5 17

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 5 18.

TUTTE LE STRADE			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base- Binder-Usura
Affinità aggregato-bitume a 24h	UNI EN 12697-11	%	≤5
Passante allo 0.2	UNI EN 933-1	%	100
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≥80
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS17892-12		N.P.
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	%	≥5

Tabella 5 18

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero LL.PP.

#### 6.2.1.3 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione sono sostanze tensioattive, che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate in Tabella 5 14, in Tabella 5 15, in Tabella 5 21 ed in Tabella 5 22. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume potranno essere verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta ad inviare al Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori un campione dell'attivante di d'adesione che intende utilizzare.

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 5 19

Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto. Per determinare la quantità di ACF da impiegare si deve preventivamente calcolare la percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere con la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove:

$P_n$  = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

$P_t$  = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

$P_v$  = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

$P_r$  = valore decimale della percentuale di conglomerato riciclato.

Il valore di  $P_t$  viene determinato con l'espressione:

$$P_t = 0,035 a + 0,045 b + c d + f$$

dove:

$P_t$  = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

$a$  = % di aggregato trattenuto al setaccio UNI 2 mm;

b = % di aggregato passante al setaccio UNI 2 mm e trattenuto al setaccio 0,063 mm;

c = % di aggregato passante al setaccio 0,063 mm;

d = 0,15 per un passante al 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

d = 0,18 per un passante al 0,063 mm compreso tra 6 e 10;

d = 0,20 per un passante al 0,063 mm < 6;

f = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire in un diagramma viscosità (a 60 °C) percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo) una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate secondo i criteri precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 5% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

Da questo diagramma mediante interpolazione lineare è possibile dedurre, alla viscosità di 2000 Pa\*s, la percentuale di rigenerante necessaria.

Alternativamente, si consiglia di dosare la percentuale di ACF in ragione di 0.5% sul peso del bitume aggiunto per ogni 10% di fresato, verificandone a posteriori l'effettiva attività rigenerante. L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. La presenza degli ACF nel bitume viene accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica).

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa·s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

Tabella 5 19

#### Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Le percentuali in peso di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

- conglomerato per strato di base:  $\leq 25\%$
- conglomerato per strato di collegamento:  $\leq 15\%$
- conglomerato per tappeto di usura: escluso l'impiego.

Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

#### 6.2.2 Miscele

La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 5 20. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 20.

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa·s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

Tabella 5 20

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3–4 cm, il fuso C per spessori di 2 - 3 cm. Per il fuso C almeno il 75% dell'Aggregato (grosso + fino) dovrà derivare da frantumazione di inerti che soddisfino i requisiti indicati in Tabella 5 14 per gli strati di usura.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in Tabella 5 21 ed in Tabella 5 22.

METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	KPa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Risultati richiesti				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 – 14	10 – 14	10 – 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3 – 5	3 – 5	4 – 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥0,9	≥0,9	≥0,9
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	>70	>70	>70
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤25	≤25	≤25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>				
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				
metodo di prova UNI EN12697-31				

Tabella 5 21

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Costipamento		75 colpi x faccia		
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	KN	12	14	16
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 3,0	3,0–4,5	3,5–5,0
Vuoti residui (*)	%	6 – 8	4 – 6	3 – 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤25	≤25	≤25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	≥0,8	≥0,8	≥0,8
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 70	> 75	> 80
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>				

<b>metodo di prova UNI EN12697-34</b>
---------------------------------------

Tabella 5 22

#### 6.2.2.1 Accettazione delle Miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima della posa in opera e per ciascun impianto di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 7$ ; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 4$  e scostamenti del passante al setaccio 0,063 mm contenuti in  $\pm 2$ .

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### 6.2.2.2 Confezionamento delle Miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purchè il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Nel caso di eventuale impiego di conglomerato riciclato l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato, ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere 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 devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%, Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

#### 6.2.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 5 23 , applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m<sup>2</sup>.

Per mano d'attacco si intende una emulsione applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione del nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da una emulsione bituminosa a rapida rottura avente le caratteristiche riportate in Tabella 5 23, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m<sup>2</sup>. Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente il dosaggio deve essere aumentato in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 Kg/m<sup>2</sup>.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	UNI EN 1430		positiva
Contenuto di acqua % peso	UNI EN 1428	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	55±2
Flussante (%)	UNI EN 1431	%	0-3
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	2-6
Sedimentazione a 7 gg	UNI EN 12847	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	180-200
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥30

Tabella 5 23

#### 6.2.4 Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi migliorati verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. Le vibrofinitrici devono 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 deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve 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. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 150° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t. 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 deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm. La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura

verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

#### 6.2.5 Controlli

Tutti i tipi di strade

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 5 24

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidezza (UNI EN 12697-30); percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-30); perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (UNI EN 12697-12); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – UNI EN 1297-23).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui, il grado di costipamento.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori al 95% dello spessore di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante dallo spessore di progetto.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore del campione di conglomerato bituminoso prelevato al momento della stesa e compattato tramite pressa giratoria o metodo Marshall. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 % di DG (ovvero DM);

- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di DG (ovvero DM).

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7,50% per lo strato di usura, di binder e binder multifunzionale, all'8,50% per lo strato di base e binder 0-12 verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per scostamenti della quantità di bitume riscontrata nelle carote o nei campioni prelevati al momento della stesa oltre la tolleranza ammessa del -0,25% dal valore previsto nello studio della miscela, verrà operata una detrazione per ogni 0,1 punto percentuale di scostamento pari al 2% del prezzo di elenco, per tutto il tratto omogeneo.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidezza Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico verrà misurata l'aderenza (resistenza all'attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4. In alternativa potrà essere determinato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92). I valori di BNP (British Pendulum Number) dovranno essere maggiori o uguali a 60 (in alternativa CAT maggiore a 0,60).

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm.

Le misure di HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro striscie longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote.

Qualora il valore medio di BNP o HS, per ciascuna tratta omogenea, sia inferiore ai valori prescritti, il tappeto di usura viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BNP o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

TUTTE LE STRADE				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Impianto Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Tabella 5-14</b> Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. <b>Tabella 5-17</b>
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.
Base, Binder	Conglomerato Miscela	In stesa	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato Miscela	In stesa	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Carote x <b>spessori</b>	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x <b>densità in sito</b>	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela



TUTTE LE STRADE				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Usura	Pavimentazione <b>PTV</b>	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV $\geq 60$

Tabella 5 24

### 6.3 Manti di Usura Speciali: tappeti Drenanti, Semi-Aperti Drenanti e Splittmastix, Usura Multifunzionale ad alte prestazioni, Antiskid

Nel presente articolo sono trattati i conglomerati bituminosi a caldo cosiddetti di nuova generazione impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali.

Si tratta di conglomerati che, grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di pervenire a prestazioni di livello superiore in termini di durabilità, stabilità e sicurezza.

Tra i più diffusi manti di usura speciali sono da considerare i tappeti drenanti, i semiaperti drenanti e gli splittmastix. Per tutti questi manti, l'elevato contributo fornito alla sicurezza suggerisce una progressiva maggiore applicazione sia nel caso di pavimentazioni di nuove strade, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

Gli strati di usura drenanti sono tappeti dotati di elevata rugosità superficiale, sono drenanti e fonoassorbenti, in grado di fornire una buona aderenza anche in caso di pioggia e di abbattere il rumore di rotolamento.

I Semi-Aperti Drenanti sono caratterizzati da una elevata rugosità superficiale, sono parzialmente drenanti e fonoassorbenti, posseggono una elevata durabilità e possono avere uno spessore ridotto.

Gli Splittmastix sono conglomerati chiusi, ad alto contenuto di graniglie e di legante, in grado di fornire rugosità superficiale, stabilità, elevata resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento.

I materiali oggetto della fornitura dovranno corrispondere ai 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 delle presenti Norme.

In particolare, e per quanto applicabile, si fa esplicito riferimento al D.P.R. 21.04.1993, n. 246 di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione e 10.12.1997, n. 499 Regolamento recante norme di attuazione della Direttiva 93/68/CEE per la parte che modifica la Direttiva 89/106/CEE in materia di prodotti da costruzione.

Nell'ambito di tale direttiva si richiama la seguente norma elaborata dal CEN:

- UNI EN 13108/1 (Miscele Tradizionali)
- UNI EN 13108/7 (Drenanti)
- UNI EN 13108/20 (Prove di tipo ITT)
- UNI EN 13108/21 (Controllo di produzione in fabbrica FPC)

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-7 e 13108-7

#### 6.3.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

##### 6.3.1.1 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato, contenenti polimeri elastomerici che ne modificano le caratteristiche fisiche e meccaniche. Il bitume deve avere le caratteristiche indicate nella Tabella 5 25.

BITUME MODIFICATO			
Parametro	Normativa	Unità di Misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426,	dmm	45-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427,	°C	$\geq 75$
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	$\leq - 15$
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13072-2	Pa s	$> 0,5$
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	$\geq 75\%$

Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del p.to di Rammollimento	UNI EN 13399	°C	≤ 3
<b>Valori dopo RTFOT</b>	UNI EN 12607-1		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426,	%	≥ 60
Incremento del p.to di Rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5

Tabella 5 25

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

#### 6.3.1.2 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati per manti di usura speciali. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati impiegati dovranno essere conformi alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata da marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043. La designazione dell'aggregato dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso deve essere costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee di natura porfirica o effusiva o derivanti da macinazione di scorie d'acciaieria. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purchè, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabella 5 26

Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 20
Micro Deval umida	UNI EN 1097-1	%	≤ 15
Percentuale di particelle frantumante	UNI EN 933-1	%	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	20
Resistenza la gelo disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤30
Affinità aggregato bitume a 24 h	UNI EN 12697-11	%	>65
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤1
Coefficiente di forma	CNR 95/84		≤3
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3		≤12
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	%	≤1,5
Valore di Levigabilità.	UNI EN 1097-8	%	≥45

Tabella 5 26

L'aggregato fino deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 5 27.

#### AGGREGATO FINO

Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di Misura	Valore
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥80
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100

Tabella 5 27

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi di usura speciali deve soddisfare i requisiti indicati nella Tabella 5 28.

## FILLER

Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di Misura	Valore
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	≤5
Passante allo 0.2	UNI EN 933-1	%	100
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≥80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
porosità del filler secco compattato	UNI EN 1097-7	%	30-45
Stiffening Power filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	ΔPA	≥5

Tabella 5 28

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio che opera per conto terzi.

### 6.3.2 Miscele

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi Drenanti deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5 29.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 29.

FUSO GRANULOMETRICO CONGLOMERATO BITUMINOSO DRENANTE		
Serie setacci		% Passante
Setaccio	12,5	65 – 100
Setaccio	8	15 – 60
Setaccio	4	12 – 25
Setaccio	2	10 – 20
Setaccio	0,5	9 – 17
Setaccio	0,25	8 – 16
Setaccio	0,063	8 – 12
spessore minimo		3 cm
% di bitume rispetto gli inerti		4,7 – 5,5

Tabella 5 29

Per la produzione di conglomerato bituminoso per lo strato di usura drenante il Produttore potrà impiegare filler d'apporto e calce idrata o filler d'apporto e microfibre. Qualora il produttore utilizzi la prima soluzione il tenore di calce idrata da inserire sarà del 2,0% rispetto al peso della miscela. Le fibre minerali nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere di varia natura (Cellulosa, vetro, acriliche, fibre miste di cellulosa e vetro) e di lunghezza media di 200/300 micron. Gli impianti di produzione devono essere dotati di opportuni macchinari in grado di dosare, disgregare e disperdere finemente le fibre nel conglomerato. La fibra deve essere aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto del conglomerato e prima di immettere il bitume, al fine di aumentare lo spessore della pellicola di bitume che riveste l'inerte.

La scelta della soluzione da adottare dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione della D.L. in fase di validazione della composizione ottimale per la verifica di idoneità, che sarà volta a verificare l'effettivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle miscele. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nella Tabella 5 30 e nella Tabella 5 31

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori

Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	≥ 28
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	≥ 20
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 16
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,40
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 20
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		
metodo di prova UNI EN 12697-31		

Tabella 5 30

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>5
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 1,5
Vuoti residui (*)	%	> 18
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni in acqua	%	≤25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	0,25 – 0,40
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 35
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		
METODO DI PROVA UNI EN 12697-34		

Tabella 5 31

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

La miscela degli aggregati da adottarsi per i Semi-Aperti Drenanti deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5 32.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 32. Nel caso di impiego di scorie di acciaieria, la percentuale di bitume impiegata potrà avere dei valori inferiori a quelli specificati nella Tabella 5 32. La composizione della miscela dovrà essere approvata da parte della Direzione dei Lavori.

FUSO GRANULOMETRICO CONGLOMERATO BITUMINOSO SEMI APERTO DRENANTE		
Serie setacci		% Passante
Setaccio	12,5	100
Setaccio	10	60 – 85
Setaccio	8	35 – 60
Setaccio	6,35	26 – 40
Setaccio	4	20 – 32
Setaccio	2	15 – 28
Setaccio	0,5	10 – 20
Setaccio	0,25	9 – 17

Setaccio	0,063	8 – 12
Spessore minimo		3,0 cm
Percentuale di bitume rispetto agli inerti		5,0 – 6,0

Tabella 5 32

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi Semi-Aperti Drenanti sono riportate nella Tabella 5 33 e nella Tabella 5 34.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 - 22
Vuoti a 50 rotazioni ( *)	%	13 - 16
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0.55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		
metodo di prova UNI EN 12697-31		

Tabella 5 33

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di Misura	Valori
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	≥ 7
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,0
Vuoti residui (*)	%	13 – 16
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni in acqua	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	≥ 45
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		
metodo di prova UNI EN 12697-34		

Tabella 5 34

La miscela degli aggregati da adottarsi per gli Splittmastix dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 5 35. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, dovrà essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 35. Nel caso di impiego di scorie di acciaieria, la percentuale di bitume impiegata potrà avere dei valori inferiori a quelli specificati nella Tabella 5 35. La composizione della miscela dovrà essere approvata da parte della Direzione dei Lavori.

FUSO GRANULOMETRICO CONGLOMERATO BITUMINOSO SPLITTMASTIX			
Serie setacci UNI		Tipo 0/12	tipo 0/16
Setaccio	16	100	100
Setaccio	12,5	100	38-100
Setaccio	10	65 – 100	32-52
Setaccio	8	52 – 80	27-45
Setaccio	4	27 – 45	18-33
Setaccio	2	20 – 32	16-30
Setaccio	0,50	12 – 22	10-21
Setaccio	0,25	9 – 18	9-18
Setaccio	0,063	8 - 12	8-13
Spessore minimo		3,0 cm	4,0 cm
Percentuale di bitume rispetto gli inerti		5,5 – 6,5	5,0-6,5

Tabella 5 35

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

Per la produzione di conglomerato bituminoso per lo strato di usura Splittmastix il Produttore potrà impiegare filler d'apporto e calce idrata o filler d'apporto e microfibre. Qualora il produttore utilizzi la prima soluzione il tenore di calce idrata da inserire sarà del 2,0% rispetto al peso della miscela. Le fibre minerali nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere di varia natura (Cellulosa, vetro, acriliche, fibre miste di cellulosa e vetro) e di lunghezza media di 200/300 micron. Gli impianti di produzione devono essere dotati di opportuni macchinari in grado di dosare, disgregare e disperdere finemente le fibre nel conglomerato. La fibra deve essere aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto del conglomerato e prima di immettere il bitume, al fine di aumentare lo spessore della pellicola di bitume che riveste l'inerte.

Le caratteristiche richieste per lo Splittmastix sono riportate nella Tabella 5 36 e nella Tabella 5 37

METODO VOLUMETRICO		STRATO PAVIMENTAZIONE	
Condizioni di prova	Unità di Misura	Splittmastix 0 - 12	Splittmastix 0 - 16
<b>Angolo di rotazione</b>		<b>1.25° ± 0.02</b>	
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30	
Pressione verticale	Kpa	600	
Diametro del provino	mm	150	
<b>Risultati richiesti</b>			
Vuoti a 10 rotazioni	%	8 – 12	10 - 17
Vuoti a 100 rotazioni	%	//	5 - 10
Vuoti a 140 rotazioni (*)	%	2 – 4	//
Vuoti a 180 rotazioni	%	//	> 4
Vuoti a 220 rotazioni	%	> 2	//
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	1 – 1,7	0,8 – 1,5
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	75 - 275	45 - 200
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25

<b>(*) La densità ottenuta con 140 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con <math>D_G</math></b>
<b>(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria</b>
<b>metodo di prova UNI EN 12697-31</b>

Tabella 5 36

METODO MARSHALL		STRATO DI PAVIMENTAZIONE	
Condizioni di prova	Unità di misura	Splittmastix 0-12	Splittmastix 0-16
<b>Costipamento</b>		<b>75 colpi x faccia</b>	
Risultati richiesti			
Stabilità Marshall	KN	>10	>10
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,0	1,5 – 3,0
Vuoti residui (*)	%	2 – 4	4-8
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni in acqua	%	≤25	≤25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	≥0,60	≥0,60
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40	> 40
<b>(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con <math>D_M</math></b>			
<b>metodo di prova UNI EN 12697-34</b>			

Tabella 5 37

La miscela degli aggregati da adottarsi per il conglomerato bituminoso per strato di Usura Multifunzionale ad Alte Prestazioni deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5 38.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 38.

FUSO GRANULOMETRICO CONGLOMERATO BITUMINOSO USURA MULTIFUNZIONALE ALTEPRESTAZIONI		
Serie setacci		% Passante
Setaccio	20	-
Setaccio	12,5	100
Setaccio	8	62-85
Setaccio	4	30-50
Setaccio	2	22-34
Setaccio	0,5	11-21
Setaccio	0,25	9-17
Setaccio	0,063	8-14
spessore minimo		3 cm
Percentuale di bitume rispetto gli inerti(%)		5,2-5,8

Tabella 5 38

La scelta della soluzione da adottare dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione della D.L. in fase di validazione della composizione ottimale per la verifica di idoneità, che sarà volta a verificare l'effettivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle miscele. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi per strato di usura multifunzionale ad alte prestazioni sono riportate nella Tabella 5 39 e nella Tabella 5 40.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30

Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	8-12
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	3-6
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 40
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		
metodo di prova UNI EN 12697-31		

Tabella 5 39

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>12
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,5
Vuoti residui (*)	%	2-5
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni in acqua	%	≤25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		
metodo di prova UNI EN 12697-34		

Tabella 5 40

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

La miscela degli aggregati da adottarsi per il conglomerato bituminoso per Strato di Usura Antiskid 0-10 deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5 41.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 41

FUSO GRANULOMETRICO CONGLEMARATO BITUMINOSO ANTISKID 0-10		
Serie setacci		% Passante
Setaccio	10	100
Setaccio	8	59-93
Setaccio	4	9-30
Setaccio	2	8-18
Setaccio	0,5	7-16
Setaccio	0,25	6-12
Setaccio	0,063	6-10
spessore minimo		3,0 cm
Percentuale di bitume rispetto gli inerti (%)		4,7-5,2

Tabella 5 41

La scelta della soluzione da adottare dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione della D.L. in fase di validazione della composizione ottimale per la verifica di idoneità, che sarà volta a verificare l'effettivo miglioramento delle



caratteristiche meccaniche delle miscele. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per il conglomerato bituminoso Antiskid 0-10 sono riportate nella Tabella 5 42 e nella

Tabella 5 43

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 - 22
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	13 - 16
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0.55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		
metodo di prova UNI EN 12697-31		

Tabella 5 42

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	> 8
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,5
Vuoti residui (*)	%	12-15
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni in acqua	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		
metodo di prova UNI EN 12697-34		

Tabella 5 43

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

La miscela degli aggregati da adottarsi per il conglomerato bituminoso per strato di Usura Antiskid 0-12 deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5 44

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5 44

FUSO GRANULOMETRICO ANTISKID 0-12		
Serie setacci		% Passante
Setaccio	12,5	100

Setaccio	8	28-100
Setaccio	4	21-35
Setaccio	2	15-28
Setaccio	0,5	10-18
Setaccio	0,25	8-15
Setaccio	0,063	6-12
spessore minimo		3 cm
Percentuale di bitume rispetto inerti (%)		4,6-5,2

Tabella 5 44

La scelta della soluzione da adottare dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione della D.L. in fase di validazione della composizione ottimale per la verifica di idoneità, che sarà volta a verificare l'effettivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle miscele. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi Antiskid 0-12 sono riportate nella Tabella 5 45 nella Tabella 5 46

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 - 22
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	13 - 16
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0.55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		
metodo di prova UNI EN 12697-31		

Tabella 5 45

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	> 8
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,5
Vuoti residui (*)	%	13-16
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni in acqua	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		
metodo di prova UNI EN 12697-34		

Tabella 5 46

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

#### 6.3.2.1 Accettazione delle Miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima della posa in opera e per ciascun impianto di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica relativa saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del passante al setaccio 8 mm di  $\pm 7$ , del passante al setaccio 4 mm di  $\pm 4$ , del passante al setaccio 0,063 mm di  $\pm 2$ .

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### 6.3.2.2 Confezionamento delle Miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purchè il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere 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 devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante tra 160° C e 180° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

#### 6.3.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del manto di usura Drenante o del Semi-Aperto Drenante o dell'Antiskid 0-10 e 0-12, è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio e l'impermeabilizzazione dello strato sottostante. Il piano di posa dovrà essere perfettamente pulito e privo di eventuali tracce di segnaletica orizzontale.

La mano d'attacco può essere realizzata con bitume elastomerizzato (Tabella 5 25) o con emulsione di bitume elastomerizzato, spruzzata con apposita spanditrice automatica in modo che il bitume residuo risulti pari a 1,20 Kg/m<sup>2</sup> per le usure drenanti e di 0,80 Kg/m<sup>2</sup> per i microtapeti a caldo.

Per il manto di usura di tipo Splittmastix e usura multifunzionale ad alte prestazioni la mano d'attacco ha solo lo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante. Anche in questo caso può essere impiegata emulsione di bitume elastomerizzato in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,50 Kg/m<sup>2</sup>.

Sulla mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, dovrà seguire immediatamente la granigliatura con aggregati di pezzatura 4/8 mm in ragione di 6/8 litri al metro quadrato. Allo stesso scopo potrà essere utilizzata sabbia. Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale. L'emulsione per mano d'attacco deve rispondere ai requisiti riportati in Tabella 5 47

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 60%
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	%	< 43

Contenuto di legante	UNI EN 1431	%	> 57
Contenuto flussante	UNI EN 1431	%	< 3
Trattenuto setaccio n°20	ASTM D244	%	< 0,2
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-80
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura (Frass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 15

Tabella 5 47

#### 6.3.4 Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei manti di usura speciali viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3 – 4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono 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 deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve 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. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 150° C. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa. La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 15t (10t per i Semi-Aperti Drenante e antiskid).

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 deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

#### 6.3.5 Controlli

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura speciali e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 5 44.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la quantità di fibre e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana). In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (UNI EN 12697-34); percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per

ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05

Per spessori medi inferiori al 95% dello spessore di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante dallo spessore di progetto.

Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori a quelli specificati nella Tabella 5 48 nella colonna limite dei vuoti verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) specificati in Tabella 5 48. Valori dei vuoti superiori a quelli specificati in Tabella 5 48 nella colonna limite massimo accettabile comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Tipologia Conglomerato Bituminoso	Vuoti (%)	Limite dei Vuoti Massimo Accettabile (%)
Splittmastix 0-12	6,00	10,00
Multifunzionale ad Alte Prestazioni	7,00	11,00

Tabella 5 48

La densità in sito, per ogni tratto omogeneo di stesa, nel 95% dei prelievi, deve essere, per lo strato di usura Splittmastix 0-12, per lo Splittmastix 0-16 e per il Multifunzionale ad Alte Prestazioni, non inferiore al 98% del valore del campione di conglomerato bituminoso prelevato al momento della stesa e compattato tramite pressa giratoria o metodo Marshall.

La densità in sito, per ogni tratto omogeneo di stesa, nel 95% dei prelievi, deve essere per lo strato di usura drenante, per il semiaperto drenante e per gli Antiskid non inferiore al 95% del valore del campione di conglomerato bituminoso prelevato al momento della stesa e compattato tramite pressa giratoria o metodo Marshall. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce\

- del 10 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di DG (ovvero DM);

- del 20 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 90 e 92 % di DG (ovvero DM).

Per scostamenti della quantità di bitume riscontrata nelle carote o nei campioni prelevati al momento della stesa oltre la tolleranza ammessa del -0,25% dal valore previsto nello studio della miscela, verrà operata una detrazione per ogni 0,1 punto percentuale di scostamento pari al 2% del prezzo di elenco, per tutto il tratto omogeneo.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

I manti di usura speciali devono essere conformi alle seguenti specifiche Tabella 5 49.

Parametro	Normativa	Drenante	Semi-Aperto	Splittmastix	Usura Multifunzionale ad Alte Prestazioni	Antiskid
Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT)	CNR 147/92	≥ 0,53	≥ 0,58	≥ 0,62	≥ 0,60	≥ 0,58
Resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (PTV)	UNI EN 13036-4	≥ 55	≥ 60	≥ 65	≥ 62	≥ 60
L'altezza di sabbia (HS)	CNR 94/83	≥ 0,8	≥ 0,6	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,6
Capacità drenante media con permeabilmetro a colonna d'acqua		≥ 16 dm <sup>3</sup> /min	≥ 5 dm <sup>3</sup> /min	-	-	≥ 8 dm <sup>3</sup> /min

Tabella 5 49

Nel periodo compreso tra 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico verrà misurata l'aderenza (resistenza all'attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4. In alternativa potrà essere determinato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92). I valori di BNP (British Pendulum Number) o in alternativa di CAT dovranno essere maggiori o uguali ai valori specificati in Tabella 5 49

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale ai valori specificati in Tabella 5 49

Le misure di HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro striscie longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote.

Qualora il valore medio di BNP o HS, per ciascuna tratta omogenea, sia inferiore ai valori prescritti, il tappeto di usura viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BNP o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

La capacità drenante media, va eseguita in sito ogni 250 m sfalsando di volta in volta la corsia e misurata con permeabilmetro a colonna d'acqua di mm 250 su un'area di 154 cm<sup>2</sup>. Se non si raggiungerà il valore di capacità drenante previsto verrà applicata una riduzione del 10% (dieci per cento).

Per il tappeto di usura drenante viene inoltre determinata la fono-assorbenza applicando il metodo ad onde stazionarie con l'attrezzatura standard definita "tubo di Kündt" su carote prelevate dopo il 15 giorno della stesa del conglomerato.

Il coefficiente di fono-assorbenza ( $\alpha$ ) in condizioni di incidenza normale deve risultare:

Frequenza, (Hz)	Coefficiente di fono-assorbenza, ( $\alpha$ )
630	$\alpha \geq 0,03$
800	$\alpha \geq 0,20$
1000	$\alpha \geq 0,35$
1600	$\alpha \geq 0,20$
2000	$\alpha \geq 0,20$

Tabella 5 50

Il controllo può essere fatto anche mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso, eseguiti sempre dopo il 15 giorno dalla stesa del conglomerato. Per ogni valore di  $\alpha$  non raggiunto viene applicata una penale del 2% (due per cento).

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Controllo dei materiali e verifica prestazionale pavimentazioni Drenante, Semi-Aperto Drenante, Splittmastix, Antiskid, Usura Multifunzionale ad Alte Prestazioni			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Bitume	Impianto - Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>
Conglomerato Miscela	In stesa	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

Controllo dei materiali e verifica prestazionale pavimentazioni Drenante, Semi-Aperto Drenante, Splittmastix, Antiskid, Usura Multifunzionale ad Alte Prestazioni			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Carote x <b>spessori</b>	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote x <b>densità in sito</b>	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	95% o 98% del valore risultante dallo studio in funzione del tipo di conglomerato bituminoso
Pavimentazione <b>(CAT, PTV, HS)</b>	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. (CAT, PTV, HS )</b>
Capacità drenante	Pavimentazione (sullo steso)	Ogni 500 m di fascia di stesa	Riferimento <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b>

Tabella 5 51

## 7 Altre Lavorazioni

Nel seguito altre lavorazioni.

### 7.1 Scarificazione di pavimentazioni esistenti

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'Impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della massicciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori entro i limiti indicati nel relativo articolo di Elenco, provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Impresa.

### 7.2 Fresatura di strati in conglomerato bituminoso con idonee attrezzature

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente.

Nel corso dei lavori la D.L. potrà richiedere la sostituzione delle attrezzature anche quando le caratteristiche granulometriche risultino idonee per il loro reimpiego in impianti di riciclaggio.

La superficie del cassonetto dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L.

Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà 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 dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

L'appaltatore, all'atto della redazione degli atti contabili, dovrà fornire copia delle documentazioni di legge attestanti l'avvenuto smaltimento giornaliero del materiale proveniente dalle fresature.

## **8 Oneri Compresi Nei Prezzi**

I prezzi comprendono, oltre agli oneri precisati nei precedenti articoli delle lavorazioni, dei materiali e quanto previsto negli allegati amministrativi:

studio della miscela ottimale e presentazione di relazione delle caratteristiche non anteriore a tre mesi;

dove necessario e previsto la fresatura del materiale da asportare e relativa pulizia e aspirazione del piano di posa, con idonei mezzi aspiranti;

carico e trasporto a discarica, scelta a cura e spese dell'Impresa del materiale di risulta, o dello stesso in luoghi indicati dalla Direzione Lavori. In questo caso sarà a carico dell'Impresa la sistemazione del materiale stesso secondo le modalità prescritte dalla D.L.;

fornitura e stesa dello strato di ancoraggio o mano d'attacco con emulsione, dove specificato nella voce dell'elenco prezzi fornitura, stesa e compattazione del conglomerato bituminoso;

fornitura, posa e custodia con guardiania diurna e notturna, anche festiva o nei giorni non lavorativi, della idonea e regolamentare segnaletica di cantiere;

produzione alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori relativi alla voce di tariffario "asportazione meccanica di pavimentazione stradale", delle attestazioni comprovanti l'autorizzazione al riutilizzo del conglomerato fresato per la produzione di conglomerato bituminoso.

## **CAPO 6 - TUBAZIONI, POZZETTI, CHIUSINI E CADITOIE**

### **ART. 31 -POZZETTI DI ISPEZIONE**

#### **Pozzetti prefabbricati**

- 1.** I pozzetti potranno essere di tipo prefabbricato in c.a., PRFV, ghisa, PVC, PEad, ecc.
- 2.** Il pozzetto prefabbricato deve essere costituito da un elemento di base provvisto di innesti per le tubazioni, un elemento di sommità a forma tronco-conica o tronco-piramidale che ospiti in alto, con l'inserimento di anelli o riquadri (detti raggiungi-quota), il chiusino; da una serie di elementi intermedi, di varia altezza, che colleghino la base alla sommità.
- 3.** Le giunzioni con le parti prefabbricate devono essere adeguatamente sigillate, con materiali plastici ed elastici ad alto potere impermeabilizzante. Solo eccezionalmente, quando non sono richieste particolari prestazioni per l'assenza di falde freatiche e la presenza di brevi sovrappressioni interne (in caso di riempimento della cameretta), potrà essere ammessa l'impermeabilizzazione con malta di cemento; in ogni caso, sul lato interno del giunto, si devono asportare circa 2 cm di malta, da sostituire con mastici speciali resistenti alla corrosione.
- 4.** Per i manufatti prefabbricati in calcestruzzo si farà riferimento alla norma DIN 4034.
- 5.** I pozzetti per la raccolta delle acque potranno essere costituiti da pezzi speciali intercambiabili, prefabbricati in conglomerato cementizio armato vibrato ad elevato dosaggio di cemento e pareti di spessore non inferiore a cm 4.
- 6.** Potranno essere realizzati mediante associazione dei pezzi idonei: pozzetti con o senza sifone. La dimensione interna del pozzetto dovrà essere quella indicata nell'elenco prezzi unitari ovvero nel computo metrico estimativo.
- 7.** I pozzetti devono essere forniti perfettamente lisci e stagionati, privi di cavillature, fenditure, scheggiature o altri difetti; l'eventuale prodotto impermeabilizzante deve essere applicato nella quantità indicata dalla direzione dei lavori.
- 8.** I pozzetti stradali prefabbricati in calcestruzzo armato saranno posti in opera su sottofondo in calcestruzzo dosato a 200 kg di cemento tipo 325 per mc d'impasto; la superficie superiore del sottofondo dovrà essere perfettamente orizzontale ed a quota idonea a garantire l'esatta collocazione altimetrica del manufatto rispetto alla pavimentazione stradale.
- 9.** Prima della posa dell'elemento inferiore, si spalmerà il sottofondo con cemento liquido, e, qualora la posa avvenga a sottofondo indurito, questo dovrà essere convenientemente bagnato.
- 10.** I giunti di collegamento dei singoli elementi prefabbricati devono essere perfettamente sigillati con malta cementizia.
- 11.** Nella posa dell'elemento contenente la luce di scarico, si avrà cura di angolare esattamente l'asse di questa rispetto alla fognatura, in modo che il condotto di collegamento possa inserirsi in quest'ultima senza curve o deviazioni.
- 12.** Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di conguaglio dello spessore occorrente.



13. Se l'immissione avviene dal cordolo del marciapiede, si avrà cura di disporre la maggiore delle mensole porta secchiello parallela alla bocchetta, così da guidare l'acqua. Poiché lo scarico del manufatto è a manicotto, qualora vengano impiegati, per il collegamento alla fognatura, tubi a bicchiere, tra il bicchiere del primo tubo a valle e il manicotto del pozzetto dovrà essere inserito un pezzo liscio di raccordo.

#### **Pozzetti realizzati in opera**

14. I pozzetti realizzati in opera potranno essere in muratura di mattoni o in calcestruzzo semplice o armato.

15. Le pareti dei muri devono essere ortogonali all'asse delle tubazioni per evitare il taglio dei tubi. Le pareti devono essere opportunamente impermeabilizzate, secondo le prescrizioni progettuali, al fine di prevenire la dispersione delle acque reflue nel sottosuolo.

16. Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con cemento R = 325 dosato a 200 kg per m<sup>3</sup> di impasto per il fondo e a 300 kg per m<sup>3</sup> per i muri perimetrali; per le solette si impiegherà invece cemento tipo R = 425 nel tenore di 300 kg per m<sup>3</sup>. In tal caso sarà opportuno impiegare nel confezionamento additivi idrofughi.

17. La superficie interna del pozzetto se in calcestruzzo, in presenza di acque fortemente aggressive, dovrà essere rifinita con intonaci speciali o rivestita con mattonelle di gres ceramico; in presenza di acque mediamente aggressive, si potrà omettere il rivestimento protettivo rendendo il calcestruzzo impermeabile e liscio e confezionandolo con cemento resistente ai solfati. Tutti gli angoli e gli spigoli interni del pozzetto devono essere arrotondati.

18. I pozzetti realizzati in murature o in calcestruzzo semplice devono avere uno spessore minimo di 20 cm, a meno di 2 m di profondità e di 30 cm per profondità superiori.

19. L'eventuale soletta in c.a. di copertura, con apertura d'accesso, dovrà avere uno spessore minimo di 20 cm ed un'armatura minima con 10 Ø 8 mm/m e 3 Ø 7 mm/m, e opportunamente rinforzata in corrispondenza degli elementi di raccordo tra chiusino e cameretta.

#### **Pozzetti in polietilene**

20. I pozzetti in polietilene (PEMD) dovranno essere costituiti da polietilene vergine al 100%, di densità non inferiore a 0,944 Kg/dm<sup>3</sup> (ISO 1183), resistenza alla trazione pari a 18 Mpa (ISO 527-2), modulo di elasticità pari a 700 Mpa (ISO 178) per una temperatura di infrangimento <-70°C (ISO 974), dotati di scaletta in acciaio inox con interasse di 250 mm secondo DIN 19555, con base sagomata dello spessore minimo di mm 12.

21. I pozzetti di ispezione dovranno essere completi di minimo 3 predisposizioni d'ingresso, poste una in linea e 2 laterali a 67° per permettere il collegamento di tubazioni di ingresso.

22. La posa in opera deve avvenire su un letto di ghiaino spezzato di pezzatura mm 15-20 per uno spessore non inferiore a cm 15 compattato a 95% di SPD (standard proctor density) determinato secondo DIN 18127, il rinfiamento attorno al pozzetto con cm 30 dello stesso materiale utilizzato per il letto di posa.

23. I pozzetti dovranno essere completi di una piastra di ripartizione in calcestruzzo armato dello spessore minimo di cm 20 da posizionarsi sul collo del pozzetto in prossimità del chiusino.

#### **Collegamento del pozzetto alla rete**

24. L'attacco della rete al pozzetto dovrà essere realizzato in modo da evitare sollecitazioni di taglio, ma consentendo eventuali spostamenti relativi tra la tubazione e il manufatto; a tal fine devono essere impiegati appositi pezzi speciali, con superficie esterna ruvida, di forma cilindrica, oppure a bicchiere o incastro, entro cui verrà infilato il condotto con l'interposizione di un anello in gomma per la sigillatura elastica. A tal fine i due condotti di collegamento della canalizzazione al manufatto, in entrata e in uscita, devono avere lunghezze adeguate per consentire i movimenti anche delle due articolazioni formate dai giunti a monte e a valle del pozzetto.

### **ART. 32 - CHIUSINI E CADITOIE IN GHISA**

#### **Materiali**

1. Il punto 6.1.1 della norma UNI EN 124 prevede per la fabbricazione dei dispositivi di chiusura e di coronamento, escluso le griglie, l'impiego dei seguenti materiali:

- a) - ghisa a grafite lamellare
- b) - ghisa a grafite sferoidale
- c) - getti in acciaio
- d) - acciaio laminato
- e) - uno dei materiali ai punti precedenti abbinati con calcestruzzo
- f) - calcestruzzo armato.

2. L'eventuale uso di acciaio laminato sarà ammesso previa adeguata protezione contro la corrosione; il tipo di protezione richiesta contro la corrosione dovrà essere stabilito previo accordo fra direzione dei lavori e appaltatore.

3. La citata norma UNI EN 124 prevede per la fabbricazione delle griglie i seguenti materiali:

- a) - ghisa a grafite lamellare
- b) - ghisa a grafite sferoidale
- c) - getti in acciaio.

4. Il riempimento dei coperchi potrà essere realizzato in calcestruzzo o in altro materiale adeguato, solo previo consenso della direzione dei lavori.

5. I materiali di costruzione devono essere conformi alle norme di cui al punto 6.2 della UNI EN 124.

6. Nel caso di coperchio realizzato in calcestruzzo armato: per le classi da B 125 a F 900, il calcestruzzo dovrà avere una resistenza a compressione a 28 giorni, secondo le norme DIN 4281, pari ad almeno 45 N/mm<sup>2</sup>, nel caso di provetta cubica con 150 mm di spigolo, e pari a 40 N/mm<sup>2</sup> nel caso di provetta cilindrica di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza; per la classe A 15 la resistenza a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 20 N/mm<sup>2</sup>.

7. Il copriferro in calcestruzzo dell'armatura del coperchio dovrà avere uno spessore di almeno 2 cm su tutti i lati, eccettuati i coperchi che hanno il fondo in lastra di acciaio, getti d'acciaio, ghisa a grafite lamellare o sferoidale.

8. Il calcestruzzo di riempimento del coperchio dovrà essere additivato con materiali indurenti per garantire una adeguata resistenza all'abrasione.

#### **Marcatura**

9. Secondo il punto 9 della UNI EN 124, tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole e visibile dopo la posa in opera, indicante:

- a) - la norma UNI
- b) - la classe o le classi corrispondenti
- c) - il nome e/o la sigla del produttore
- d) - marchio dell'eventuale ente di certificazione
- e) - eventuali indicazioni previste dalla lett. e) del citato punto 9 della UNI EN 124
- f) - eventuali indicazioni previste dalla lett. f) del citato punto 9 della UNI EN 124.

#### **Caratteristiche costruttive**

10. I dispositivi di chiusura e di coronamento devono essere esenti da difetti che possano comprometterne l'uso.

11. I dispositivi di chiusura dei pozzetti possono essere previsti con o senza aperture di aerazione.

12. Nel caso in cui i dispositivi di chiusura sono con aperture d'aerazione, la superficie minima d'aerazione dovrà essere conforme ai valori del prospetto II del punto 7.2 della UNI EN 124.

#### **Aperture di aerazione**

13. Le aperture d'aerazione dei dispositivi di chiusura devono avere dimensioni secondo il tipo di classe di impiego.

#### **Dimensione di passaggio**

14. La dimensione di passaggio dei dispositivi di chiusura delle camerette d'ispezione deve essere di almeno 60 cm, per consentire il libero passaggio di persone dotati di idoneo equipaggiamento.

#### **Profondità di incastro**

15. I dispositivi di chiusura e di coronamento delle classi D 400, E 600 e F 900, aventi dimensione di passaggio minore o uguale a 650 mm, devono avere una profondità d'incastro di almeno mm 50; tale prescrizione non è richiesta per i dispositivi il cui coperchio o griglia è adeguatamente fissato, per mezzo di un chiovistello, per prevenire gli spostamenti dovuti al traffico veicolare.

#### **Sedi**

16. La superficie di appoggio dei coperchi e delle griglie dovrà essere liscia e sagomata in modo tale da consentire una perfetta aderenza ed evitare che si verifichino spostamenti e rotazioni, ed emissione di rumore; a tal fine, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'impiego di idonei supporti elastici per prevenire tali inconvenienti.

#### **Protezione spigoli**

17. Gli spigoli e le superfici di contatto fra telaio e coperchio dei dispositivi di chiusura in calcestruzzo armato di classe da A 15 a D 400 devono essere protetti con idonea guarnizione in ghisa o in acciaio dello spessore previsto dal prospetto III della UNI EN 124.

18. La protezione degli spigoli e delle superfici di contatto fra telaio e coperchio dei dispositivi di chiusura delle classi da E 600 a F 900 deve essere conforme alle prescrizioni progettuali.

#### **Fessure**

19. Le fessure, per le classi da A 15 a B 125, devono essere conformi alle prescrizioni del prospetto IV della UNI EN 124, e al prospetto V della citata norma per le classi da C 250 a F 900.

#### **Cestelli e secchi scoricatori**

20. Gli eventuali cesti di raccolta del fango devono essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, tra loro uniti mediante chiodatura, saldatura, piegatura degli orli o flangiatura. Essi appoggeranno su due mensole diseguali ricavate in uno dei pezzi speciali. Devono essere di facile sollevamento e alloggiati su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti.

21. Nel caso di riempimento del cestello dovrà essere assicurato il deflusso dell'acqua e l'aerazione.

#### **Stato della superficie**

22. La superficie superiore delle griglie e dei coperchi delle classi da D 400 a F 900 dovrà essere piana con tolleranza dell'1%.

23. Le superfici superiori in ghisa o in acciaio dei dispositivi di chiusura devono essere conformate in modo da risultare non sdruciolevoli e libere da acque superficiali.

#### **Sbloccaggio e rimozione dei coperchi**

24. Dovrà essere previsto un idoneo dispositivo che assicuri lo sbloccaggio e l'apertura dei coperchi.

#### **Dispositivi di chiusura e di coronamento**

25. I pezzi di copertura dei pozzetti saranno costituiti da un telaio nel quale troveranno alloggiamento le griglie, per i pozzetti da cunetta, ed i coperchi, per quelli da marciapiede.

26. Nel caso sia prevista l'installazione dei cesti per il fango, potrà essere prescritto che la griglia sia munita di una tramoggia per la guida dell'acqua.

27. Prima della posa in opera, la superficie di appoggio dei dispositivi di chiusura e di coronamento dovrà essere convenientemente pulita e bagnata; verrà quindi steso un letto di malta a 500 kg di cemento tipo 425 per m3 di impasto, sopra il quale sarà infine appoggiato il telaio.

28. La superficie superiore del dispositivo dovrà trovarsi, a posa avvenuta, al perfetto piano della pavimentazione stradale.

29. Lo spessore della malta che si rendesse a tale fine necessario non dovrà tuttavia eccedere i cm 3; qualora occorressero spessori maggiori, dovrà provvedersi in alternativa, a giudizio della direzione dei lavori, o all'esecuzione di un sottile getto di conglomerato cementizio a 4 q di cemento tipo 425 per mc d'impasto, confezionato con inerti di idonea granulometria ed opportunamente armato, ovvero all'impiego di anelli di appoggio in conglomerato cementizio armato prefabbricato. Non potranno in nessun caso essere inseriti sotto il quadro, a secco o immersi nel letto di malta, pietre, frammenti, schegge o cocci.

30. Qualora, in seguito ad assestamenti sotto carico, dovesse essere aggiustata la posizione del quadro, questo dovrà essere rimosso e i resti di malta indurita saranno asportati. Si procederà quindi alla stesura del nuovo strato di malta, in precedenza indicato, adottando, se è il caso, anelli d'appoggio.

31. I dispositivi di chiusura e di coronamento potranno essere sottoposti a traffico non prima che siano trascorse 24 ore dalla loro posa. A giudizio della direzione dei lavori, per garantire la corretta collocazione altimetrica, devono essere impiegate armature di sostegno, da collocarsi all'interno delle camerette e da recuperarsi a presa avvenuta.

32. Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di conguaglio dello spessore occorrente.

## **CAPO 7 - OPERE STRADALI COMPLEMENTARI**

### **ART. 33 -DEMOLIZIONI**

#### **Generalità**

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo perciò vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati in basso, salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualunque pericolo.

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

Nelle demolizioni l'Appaltatore dovrà procedere in modo da non deteriorare i materiali che possano ancora, a giudizio della Direzione Lavori, impiegarsi utilmente, sotto pena di rivalsa di danni verso la Stazione Appaltante alla quale spetta, ai sensi del Capitolato Generale, la proprietà di tali materiali, alla pari di quello proveniente dagli scavi in genere, e l'Appaltatore dovrà provvedere per la loro cernita, trasporto in deposito ecc., in conformità e con tutti gli oneri previsti nel citato Capitolato Generale.

La direzione dei lavori si riserva di disporre con sua facoltà insindacabile l'impiego dei suddetti materiali utili per l'esecuzione dei lavori appaltati, da valutarsi con i prezzi ad essi attribuiti in elenco, ai sensi del Capitolato Generale.

I materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati, a cura dell'Appaltatore, in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori la sede dei lavori con le norme e cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie.

### **Interventi preliminari**

L'Appaltatore prima dell'inizio delle demolizioni deve assicurarsi dell'interruzione degli approvvigionamenti idrici, gas, allacci di fognature; dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante «Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della Legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto».

Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- una miscellanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cemento-amianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

### **Ordine delle demolizioni**

I lavori di demolizione come stabilito, dall'art. 72 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso ovvero secondo le indicazioni del piano operativo di sicurezza e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle eventuali edifici adiacenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento.

La successione dei lavori, quando si tratti di importanti ed estese demolizioni, deve risultare da apposito programma il quale deve essere firmato dall'Appaltatore, dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori e dal Direttore dei lavori e deve essere tenuto a disposizione degli Ispettori del lavoro.

### **Allontanamento e /o deposito delle materie di risulta**

Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal Direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri, deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso discarica autorizzata ovvero su aree preventivamente acquisite ed autorizzate; diversamente l'Appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere, o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

### **Qualità e prove sui materiali**

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi, nei regolamenti e nelle norme armonizzate e vigenti in materia (anche se non espressamente richiamate nel presente Capitolato Speciale d'Appalto), nello stesso Capitolato e nell'Elenco Prezzi allegato; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e sul mercato.

I materiali utilizzati dovranno essere qualificati in conformità alle normative vigenti di settore.

Tutti i materiali dovranno, in ogni caso, essere sottoposti, prima del loro impiego, all'esame della Direzione Lavori, affinché essi siano riconosciuti idonei e dichiarati accettabili, come previsto all'articolo 167 del D.P.R. 207/2010.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta, in base al giudizio della Direzione Lavori, la quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

In qualsiasi caso, le eventuali proposte di variazione dei materiali dovranno essere accompagnate dalle schede tecniche e da dettagli di installazione, e inderogabilmente dalla dimostrazione della equivalenza.

Gli studi di progetto che accompagnano i materiali per le prove di verifica, corredati da una completa documentazione delle formulazioni effettuate, devono essere presentati alla D.L. in originale e copia conforme, firmati dal responsabile dell'impresa.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'impresa resta totalmente responsabile della buona riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'accettazione delle partite avverrà tramite verifiche e tramite prove di laboratorio autorizzato, nelle modalità indicate nei paragrafi seguenti.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. La Direzione Lavori potrà ordinarne la conservazione nei locali da essa indicati, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità, l'integrità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso laboratori ufficiali di cui al cap. 11 D.M. Infrastrutture 17.01.2018 e ss.mm.ii.

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'Impresa stessa sarà responsabile, a tutti gli effetti, della rispondenza alle specifiche norme contrattuali.

L'accettazione dei materiali non è comunque definitiva se non dopo che siano stati posti in opera e a fronte dell'esito delle prove e verifiche (in laboratorio e/o in situ).

Qualora la Direzione Lavori rifiuti una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute. Ove l'Impresa non effettui la rimozione, la Stazione appaltante potrà provvedervi direttamente a spese dell'Impresa, a carico del quale resterà anche qualsiasi danno derivante dalla rimozione eseguita d'ufficio.

Il rispetto delle formulazioni originali e/o delle loro modifiche, anche se indicate dal committente, non eliminano la responsabilità dell'Impresa nell'ottenimento in opera delle prestazioni previste. La D.L. potrà comunque effettuare, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in relazione ai risultati su strada o sui campioni di laboratorio, in contraddittorio, prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti sia sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera: a seguito di questi controlli potranno intervenire in ogni momento sulle operazioni che non garantiscano i risultati richiesti.

Il personale della Direzione Lavori è autorizzato ad effettuare in qualsiasi momento gli opportuni accertamenti, visite, ispezioni, prove e controlli.

L'Impresa sarà tenuto a correggere ed a rifare a proprie spese quanto, in seguito ad alterazioni od arbitrarie variazioni, la Direzione Lavori ritenesse inaccettabile.

Queste prescrizioni non potranno in ogni caso pregiudicare i diritti della Stazione appaltante nel collaudo finale.

In merito all'ordine di esecuzione dei lavori l'Impresa dovrà attenersi alle prescrizioni della Direzione Lavori senza che per ciò possa pretendere compensi straordinari, sollevare eccezioni od invocare tali prescrizioni a scarico di proprie responsabilità.

Non potrà richiedere indennizzi o compensi neppure per le eventuali parziali sospensioni che, per ragioni tecniche od organizzative, gli venissero ordinate.

## **ART. 34 -SEGNALETICA ORIZZONTALE**

### **Generalità**

La Stazione Appaltante ordinerà all'Impresa l'esecuzione della segnaletica orizzontale, sia in vernice che in materiale termoplastico, che potrà essere parziale o totale ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori anche parzialmente e/o congiuntamente ai lavori di rifacimento delle pavimentazioni e potranno interessare modeste oppure consistenti superfici stradali e di tutte le relative pertinenze.

La segnaletica orizzontale riguarda tutte le strisce continue e discontinue, nonché tutti i simboli (freccie, zebraure, scritte ecc.) da eseguirsi sul nastro stradale, pertinenze, rami di svincolo e zone di raccordo di competenza della Stazione Appaltante.

I ripassi saranno eseguiti con vernici premiscelate e post spruzzate, ovvero con materiale termospruzzato plastico.

La stesa della segnaletica orizzontale dovrà essere eseguita in modo tale da essere alla giusta distanza e posizione agli effetti della visibilità e della regolarità del traffico secondo i tracciati, le figure e le scritte stabilite dal Codice della Strada e/o previste dai disegni progettuali.

L'esecuzione di tutti i lavori di rifacimento delle linee continue e/o discontinue, saranno effettuati con l'impiego del cosiddetto "cantiere mobile".

In generale, qualsiasi tipo di segnaletica orizzontale da realizzarsi deve essere conforme a quanto stabilito dal Nuovo Codice della Strada, dal rispettivo Regolamento di Esecuzione e dai disegni esecutivi di progetto (ove previsti).

È compito dell'Appaltatore studiare il prodotto in grado di soddisfare i requisiti tecnici richiesti (mix design in funzione del film posato, delle microsfere utilizzate, delle superfici da coprire); dello studio e delle prove eseguite dovrà essere data evidenza alla DL secondo la pianificazione delle verifiche standard dei parametri RL e SRT (coefficiente di resistenza al derapaggio) offerte in sede di gara.

La scelta e l'onere della tipologia di prodotto da utilizzare ricade unicamente sull'Appaltatore, in base agli studi eseguiti e alle proprie esperienze lavorative e alle proprie scelte, alla propria organizzazione imprenditoriale, secondo quanto proposto nello studio presentato in sede di gara.

### **Normativa di riferimento:**

La Normativa di riferimento è la UNI EN 1436. In particolare, per la segnaletica permanente di colore bianco, si richiama il paragrafo 4.3 - prospetto 2 - classe R2. ART. 3. CERTIFICAZIONE DI QUALITÀ:

I materiali da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori in possesso di certificazione di qualità ISO 9000.

Le verifiche di rispondenza, in conformità a quanto previsto dalle Norme UNI EN ISO 9000, devono essere certificate da Enti riconosciuti dalla Stazione Appaltante, in conformità alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta Ufficiale n. 125 del 30.05.1996) e s.m.i..

La qualità dei materiali deve essere comunque verificata tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà necessario ed in qualsiasi fase di realizzazione della lavorazione.

### **Materiali e lavorazioni**

I materiali da impiegare nelle lavorazioni devono essere forniti da produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema di controllo qualitativo della produzione.

La segnaletica potrà essere eseguita sia con l'impiego di vernici rifrangenti, mono e/o bicomponente che con l'impiego di materiale termospruzzato plastico, secondo quanto stabilito negli elaborati progettuali senza che l'Impresa possa sollevare eccezione alcuna a tale titolo.

Per adempiere alla funzione di sicurezza e di regolazione del traffico, la segnaletica orizzontale deve possedere i seguenti requisiti di carattere generale:

- ☐ essere retroriflettente e di scarsa suscettibilità allo sporco, in modo da essere visibile in tutte le condizioni di luce (visibilità diurna e notturna, con nebbia, pioggia, o sole);
- ☐ assicurare un'ottima adesione al sottofondo stradale anche di nuova realizzazione;
- ☐ essere resistente agli agenti atmosferici ed alle soluzioni saline;
- ☐ avere adeguata resistenza agli effetti prodotti dal traffico;
- ☐ essere trafficabile nel più breve tempo possibile dall'applicazione;
- ☐ non causare fessurazioni sul manto d'usura;
- ☐ non contenere materie incompatibili con la sicurezza del lavoro e la protezione dell'ambiente;
- ☐ non presentare segni di distacco: a tal proposito, l'Impresa, prima dei ripassi, dovrà assicurarsi che il materiale impiegato sia compatibile con il materiale residuo già in opera.

La vernice utilizzata deve presentare buona resistenza all'acqua, ai carburanti, al cloruro di calcio, sodio ed altri agenti disgelanti pertanto il deterioramento risultante dovrà essere non apprezzabile.

La vernice dovrà essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione, dovrà avere buona resistenza all'usura del traffico e dovrà presentare una visibilità ed una rifrangenza costanti fino alla completa consumazione.

Tale visibilità e rifrangenza dovrà risultare immediatamente dopo la stesa della vernice senza richiedere, per evidenziarsi, il successivo passaggio al traffico. Ciò dovrà essere ottenuto con procedimento di post-spruzzatura di perline.

Il potere coprente della vernice stesa dovrà di norma essere compreso tra 1,2 e 1,5 mq/Kg determinato secondo le norme A.S.T.M.D. 1738.

Sia per la vernice che per il materiale termoplastico, sarà richiesta l'applicazione di perline di vetro sia premiscelate nella vernice che postspruzzate al fine di ottenere un maggiore grado di retroriflessione ed una visibilità notturna immediata. Le sfere di vetro non dovranno subire alterazioni dovute all'azione di soluzioni o preparati per trattamenti invernali alla pavimentazione.

Le superfici interessate dalla segnaletica orizzontale dovranno essere accuratamente ripulite in modo da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. È vietata l'eliminazione di tracce d'olio e grassi a mezzo di solventi. L'onere di tali interventi è ricompreso senza ulteriore compenso, nel prezzo di ogni singola lavorazione di cui all'elenco prezzi unitari.

L'applicazione dei materiali dovrà avvenire su superfici asciutte e sarà effettuata con mezzi meccanici idonei, cercando inoltre di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata e quindi le limitazioni da imporre alla circolazione.

L'Impresa sarà tenuta, a propria cura e spese, ad effettuare la cancellazione ed il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita.

Qualunque sia il tipo di stesa i materiali dovranno avere un potere coprente uniforme e tale da non far trasparire, in nessun caso e per tutto il periodo di garanzia, il colore della sottostante pavimentazione ancorché di nuova realizzazione, o della segnaletica preesistente.

Le strisce in genere, così come tutta la segnaletica orizzontale, potranno essere di ripasso o di primo impianto; l'Impresa, ovunque sia necessario, effettuerà il preventivo tracciamento secondo le dimensioni che saranno precisate dalla Direzione Lavori e comunque nel rispetto delle prescrizioni del Codice della Strada; tale tracciamento dovrà essere eseguito con attrezzature idonee e personale qualificato in modo da ottenere un risultato di stesa geometricamente a perfetta regola d'arte.

La cancellatura della segnaletica orizzontale, sia gratuita (perché ad onere dell'Impresa), che a pagamento, dovrà essere eseguita con sistemi approvati dalla Direzione dei Lavori; l'Impresa avrà l'onere, senza ulteriori compensi, della pulizia delle superfici trattate. Successivamente, nel caso occorressero affioramenti delle strisce cancellate, l'Impresa sarà tenuta, a suo completo onere e carico, e ciò per tutto il periodo di garanzia previsto, ad eseguire gli opportuni interventi di ricancellatura.

### **Classificazione materiali**

#### **VERNICI/PITTURE**

I materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale sono classificati nel seguente modo:

Idropitture con microsfere di vetro postspruzzate:

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 microsfere di vetro premiscelate e postspruzzate:

La pittura deve essere costituita da una miscela di resina e plastificanti, pigmenti e materiali riempitivi e da microsfere di vetro; il tutto disperso in diluenti e solventi idonei. Il residuo volatile è considerato pari al 25%.

#### **TERMOPLASTICO**

La vernice rifrangente, in materiale termoplastico, sarà costituita da un composto di particolare formulazione contenente aggregati, riempitivi, perline, pigmenti e leganti in proporzione tali da dare un film di elevatissima resistenza. Gli aggregati ed i riempitivi sono dei materiali inerti di particolare resistenza all'abrasione ed alto valore di coefficiente d'attrito.

### **Standard contrattuali e tolleranze**

La segnaletica orizzontale deve essere efficiente fin dalla posa in opera.

Per tutta la vita utile prevista devono essere garantiti gli standard contrattuali di sotto descritti. Valori minori a quelli richiesti sono considerati insufficienti per il mantenimento degli standard di sicurezza previsti.

Gli standard contrattuali richiesti sono:

- ☐ colore;
- ☐ visibilità notturna;
- ☐ abrasibilità;
- ☐ tempo di essiccazione.

In generale la segnaletica dovrà essere lineare, senza sbavature o svirgolate, rispettando, per la larghezza delle strisce la tolleranza di +/- 5 mm e per la lunghezza la tolleranza di +/- 150 mm.

#### COLORE

Il colore dei materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale, è la sensazione cromatica percepita dall'osservatore; viene definito mediante le coordinate di cromaticità riferita al diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526- 1999).

La vernice dovrà essere conforme al bianco (RAL 9016).

I colori dei prodotti di segnaletica orizzontale devono rientrare, per tutta la loro vita utile, all'interno delle zone determinate dalle coordinate tricromatiche, rilevate secondo le metodologie di cui al presente Capitolato Speciale, e riportate nella tabella seguente

VERTICI	2. 1	3. 2	4. 3	5. 4
6. X	0.355	0.305	0.285	0.335
11. Y	0.355	0.305	0.325	0.375

Tabella 1: Coordinate tricromatiche ammesse

Non sono ammessi colori al di fuori delle zone colorimetriche prescritte.

La determinazione del colore è eseguita in laboratorio dopo l'essiccamento del campione di pittura per 24 ore.

La pittura non deve contenere alcun elemento colorante organico e non deve scolorire al sole.

#### VISIBILITA' NOTTURNA

Viene definita dal valore del coefficiente di luminanza retroriflessa RL, misurata in  $\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$

Le prestazioni della vernice e del termospruzzato plastico posti in opera per linee continue e/o discontinue, dovranno garantire, per tutta la vita utile, un coefficiente RL pari ad almeno  $150 \text{ mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$  (valore soglia per tali tipologie di segnaletica). Non saranno accettati valori di RL minori di  $100 \text{ mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$  per la vernice e di RL minori di  $130 \text{ mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$  per il termospruzzato. Valori compresi tra 100 e  $149 \text{ mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$  per la vernice e valori compresi tra 130 e  $149 \text{ mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$  per la termospruzzato plastico, determineranno l'applicazione di penali come di seguito specificate.

Le misurazioni di verifica saranno effettuate secondo l'appendice B della normativa UNI EN 1436.

-	TIPOLOGIA DI SEGNALETICA	VALORE SOGLIA RL (*) [ $\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$ ]	VALORE RL AMMISSIBILE (**) [ $\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$ ]
	PITTURA IN VERNICE	- 150	- 100
	TERMO SPRUZZATO PLASTICO	- 150	- 130

Tabella 2: Tabella riassuntiva dei valori soglia/ammissibilità del coefficiente RL per segnaletica orizzontale

(\*) da rispettare per il periodo di vita utile della segnaletica.

(\*\*) valore minimo che, se non atteso, provoca la non conformità della lavorazione eseguita ed il conseguente obbligo di rifacimento della lavorazione come specificato in seguito.

#### VALORE SRT DI ABRADIBILITA'

Viene definita dal valore della resistenza allo slittamento dovuto al contatto tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico in condizioni sfavorevoli.



Il valore minimo ammesso, per tutta la vita utile, deve essere per le pitture in vernice, di 45 SRT e per il termospruzzato plastico di 50 SRT. Non sono ammessi valori inferiori al valore indicato.

16. TIPOLOGIA DI SEGNALETICA	17. VALORE SOGLIA SRT (*)	18. VALORE SRT AMMISSIBILE (**)
19. PITTURA IN VERNICE	20. 45	21. 45
22. TERMO SPRUZZATO PLASTICO	23. 50	24. 50

Tabella 3: Tabella riassuntiva dei valori soglia/ammissibilità del coefficiente SRT per segnaletica orizzontale

(\*) da rispettare per il periodo di vita utile della segnaletica.

(\*\*) valore minimo che, se non atteso, provoca la non conformità della lavorazione eseguita ed il conseguente obbligo di rifacimento della lavorazione come specificato in seguito.

## TEMPO DI ESSICAZIONE

### Vernici/Pitture

La pittura applicata sulla superficie stradale alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e +40°C ed umidità relativa non superiore al 70% deve asciugarsi entro 30 minuti 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 umidità relativa inferiore a 80%.

La tolleranza ammessa è +/- 3 min dal valore sopra indicato.

### Termoplastico

La stesa del materiale termoplastico dovrà avvenire alla temperatura di 180° □□200°C su superfici sufficientemente asciutte o secondo le specifiche del produttore per materiale.

La pittura applicata sulla superficie stradale alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e +40°C ed umidità relativa non superiore al 70% deve asciugarsi entro 30 secondi dall'applicazione per lo spruzzato ed entro 4 minuti per l'estruso.

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 essiccamento viene controllato in laboratorio secondo le norme vigenti (ASTM D 711-55).

La tolleranza ammessa è +/-10 secondi per lo spruzzato, +/-60 secondi per l'estruso dai valori sopra indicati.

## Caratteristiche standard dei materiali

Vengono di seguito indicate le caratteristiche generali dei materiali per ogni tipologia di prodotto specificando che le stesse sono da intendersi indicative. La scelta del mix-design e delle miscele deve comunque essere accettata dalla Direzione Lavori prima della posa e deve soddisfare i parametri contrattuali precedentemente descritti.

### IDROPITTURE POSTSPRUZZATE CON MICROSFERE DI VETRO

Caratteristiche base per le pigmentazioni:

1. Massa Volumica (T=25°C) 1,65-1,7 g/cm<sup>3</sup>
2. Residuo non volatile 80% in peso +/-5%
3. Quantità pigmenti (\*) 45% in peso +/-5%
4. Quantità TiO<sub>2</sub> (\*\*) 25% in peso +/-5%
5. Quantità microsfere postspruzzate 300 g/m<sup>2</sup>
6. PH 10 +/-0,5

(\*) riferito a 100 g. di prodotto esente da microsfere

(\*\*) riferito a quantità di pigmenti

#### PITTURE PREMISCELATE E POSTSPRUZZATE CON MICROSFERE DI VETRO

Caratteristiche base per le pigmentazioni:

1. Massa Volumica ( $T=20^{\circ}\text{C}$ )  $> 1,5 \text{ g/cm}^3$  (1,6-1,9 g/cm<sup>3</sup>)
2. Residuo non volatile 75-85% in peso
3. Quantità pigmenti (\*) 35% in peso  $\pm 5\%$
4. Quantità  $\text{TiO}_2$  (\*\*) 13-3% in peso
5. Quantità microsfere premiscelate 31% - 35% in peso
6. Quantità microsfere postspruzzate 300 g/m<sup>2</sup>

(\*) riferito a 100 g di prodotto esente da microsfere

(\*\*) riferito a quantità di pigmenti

#### PITTURE TERMOPLASTICHE A SPRUZZO E/O A ESTRUSIONE PREMISCELATE E POSTSPRUZZATE CON MICROSFERE DI VETRO

Caratteristiche per le pigmentazioni:

1. Massa Volumica ( $T=20^{\circ}\text{C}$ ) 1,8-2,1 g/cm<sup>3</sup>
2. Quantità pigmenti (\*) 6% in peso
3. Quantità pigmenti + olii 20% in peso
4. Quantità legante (resina + olii) 20% in peso
5. Quantità microsfere premiscelate 25% in peso
6. Quantità microsfere postspruzzate 300 g/m<sup>2</sup>
7. Punto di rammollimento  $80^{\circ}\text{C}$
8. Punto di infiammabilità  $230^{\circ}\text{C}$
9. Resistenza alle escursioni termiche  $-20^{\circ}\text{C}$  -  $+80^{\circ}\text{C}$

(\*) riferito al solo biossido di titanio.

La rifrangenza si otterrà sia mediante le perline premiscelate che con una spruzzatura supplementare delle stesse all'atto della stesa pari a gr/mq. 300. MICROSFERE DI VETRO

Le perline di vetro debbono essere sferiche, esenti da lattiginosità e bolle d'aria, con indice di rifrazione maggiore di 1,5 usando per la relativa determinazione, il metodo di immersione con luce al tungsteno.

Le sfere non dovranno subire alterazioni all'azione di soluzioni acide tamponate da pH 5  $\pm$  0,3 o di soluzioni normali di cloruro di sodio o cloruro di calcio.

La granulometria delle sfere di vetro dovrà soddisfare le seguenti caratteristiche dei setacci A.S.T.M.

Caratteristiche medie:

- ☐ indice di rifrazione  $> 1,52$ ;
- ☐ controllo (visuale) qualità: minimo 85% di microsfere senza difetto e massimo 5% di graniglie di vetro in numero;

- ☐ trattamento con silicone: senza;
- ☐ sfericità: minimo 80% per i trattenuti ai setacci più grandi, e minimo 75% per i trattenuti ai rimanenti setacci.
- ☐ trattamento microsfere postspruzzate: le microsfere devono essere rivestite con agenti di accoppiamento specifici per il tipo di legante del prodotto verniciante, al fine di aumentare l'aderenza tra le stesse ed il prodotto applicato.
- ☐ granulometria: deve essere secondo la tabella seguente ed è da determinarsi secondo il metodo ASTM D-1214.

La scelta e la quantità di perline a mq deve essere decisa dall'Appaltatore per garantire il valore di RL minimo per il periodo di garanzia.

### **Disposizioni propedeutiche alla posa in opera delle vernici**

L'Impresa dovrà comunque attenersi alle disposizioni e decisioni che saranno di volta in volta impartite dal Coordinatore della Sicurezza nelle riunioni di coordinamento con la Direzione Lavori.

L'uso di dette vernici, anche se accettate dalla Stazione Appaltante, è agli effetti delle garanzie richieste, di esclusiva responsabilità dell'Impresa che deve in ogni caso presentare, per ogni tipo di materiale che intenda impiegare, una scheda tecnica con l'indicazione delle caratteristiche.

Se l'intervento di posa della segnaletica occorre dopo la stesa di una pavimentazione stradale, il lavoro di nuovo impianto dovrà essere eseguito dall'Impresa, appena terminati i lavori principali e comunque secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.

La posa della segnaletica orizzontale dovrà essere eseguita in modo tale da risultare alla giusta distanza e posizione agli effetti della visibilità e della regolarità del traffico.

### **ACCETTAZIONE PREVENTIVA DELLE MISCELE**

L'Impresa dovrà, alla consegna dei lavori, fornire la scheda tecnica ed un campione delle vernici che intende usare, specificando fabbriche ed analisi svolte. Tali campioni dovranno essere conformi allo studio formulato in sede di offerta. L'Impresa dichiarerà che tali campioni saranno anche conformi alla vernice usata per l'esecuzione dei lavori, agli effetti della durata, della visibilità, dell'aspetto generale, della scivolosità e della garanzia richiesta.

I campioni di materiale da sottoporre alle prove devono essere consegnati in confezioni metalliche da 1 Kg (barattoli) sigillati con stagno e riportare i seguenti dati:

- ☐ nome commerciale del prodotto;
- ☐ rapporto di diluizione (se è previsto il diluente);
- ☐ caratteristiche delle microsfere di vetro (sia premiscelate che postspruzzate);
- ☐ data di produzione.

Le quantità delle singole campionature devono essere le seguenti:

- ☐ kg 4 di pittura per ogni colore;
- ☐ kg 4 di diluente se previsto;
- ☐ kg 2 di microsfere di vetro da premiscelare;
- ☐ kg 2 di microsfere di vetro da postspruzzare;
- ☐ n. 3 lamierini d'acciaio, di dimensioni 30x50 cmq con spessore 0,5 mm, su cui devono essere stati applicati i prodotti.

Le prestazioni ottenute sui campioni prelevati in sede di consegna dei lavori si intendono indicative, ritenendo fondamentali gli esiti delle prove di controllo di seguito specificate.

## MEZZI ED ATTREZZATURE

L'Impresa eseguirà la posa della segnaletica orizzontale con compressori di sua proprietà, di tipo tecnologicamente adeguato e veloce ed in possesso delle certificazioni necessarie (CE, etc). I compressori da usarsi dovranno essere provvisti di dispositivi per porre in opera il tipo di vernice richiesto, che è rifrangente con perline premiscelate e post-spruzzate.

Più in generale, i mezzi di lavoro utilizzati dalle Imprese dovranno essere collaudati presso la M.C.T.C. (Motorizzazione Civile e dei Trasporti in Concessione) per la circolazione su strada; tali macchinari dovranno altresì essere in linea con le più moderne tecnologie, in grado di eseguire a perfetta regola d'arte le lavorazioni richieste; dovranno essere ad elevata produzione, perfettamente funzionanti e in ottime condizioni.

### Norme generali di sicurezza

I lavori di posa della segnaletica in vernice rifrangente, effettuati con macchine operatrici condotte a mano, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di sicurezza emanate dal Codice della Strada e nel DM 10.07.2002 e dal Piani di Sicurezza, e da eventuali integrazioni e/o disposizioni date dal Coordinatore per la Sicurezza dei Lavori in fase di esecuzione.

I lavori di posa della segnaletica in vernice termoplastica rifrangente a spruzzo e/o colato bicomponente, effettuati con macchina operatrice semovente completa di idoneo compressore, riscaldatore ed agitatore, apparato di spruzzo e perlina, che dovrà procedere alla velocità di Km/h 25-30; dovranno essere eseguiti con sistema segnaletico per veicoli e mezzi operativi in lento movimento sulle carreggiate stradali con cantiere mobile, come prescritto dal Codice della Strada, dal Regolamento e dal DM 10.07.2002.

### Dosaggi

Sarà cura dell'Impresa stabilire le quantità minime in modo da soddisfare per pavimentazioni di qualsiasi tipo, sia per gli interventi richiesti di ripasso o di nuovo impianto, la vita utile richiesta ed il raggiungimento e mantenimento per tutta la vita utile del prodotto dei parametri contrattuali (colore, SRT, RL).

### Vita utile e garanzie

L'Appaltatore ha la responsabilità di fornire prodotti atti a garantire e mantenere i valori soglia di RL e SRT prescritti per tutta la vita utile come definita in premessa.

I prodotti vernicianti impiegati dovranno garantire una vita funzionale minima (vita utile attesa), mantenendo i valori richiesti sopradetti per ogni caratteristica richiesta (colore, visibilità notturna, resistenza al derapaggio), riportata nella tabella sottostante:

TIPO DI MATERIALE	VITA FUNZIONALE MINIMA IN MESI
PITTURE	12
TERMOPLASTICO	24
SPRUZZATO PLASTICO BICOMPONENTE A FREDDO	36
LAMINATI ELASTOPLASTICI	36

I tempi decorrono dalla data di chiusura dell'ordinativo di lavoro con cui è stata ordinata l'applicazione del prodotto.

Durante tutto il periodo di vita funzionale l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese, a tutti i ripristini e rifacimenti che si rendono necessari a causa della carenza anche di una sola delle caratteristiche richieste.

Il periodo di garanzia coincide con la durata della vita utile come sopra indicata.

L'Impresa provvederà a sue totali spese, su richiesta della Direzione Lavori, a tutti i ripristini e rifacimenti che si rendano necessari a causa della carenza anche di una sola delle caratteristiche come sopra specificato.

Tutti gli oneri derivanti dalla garanzia di cui sopra, sono da intendersi già compensati nei rispettivi prezzi di Elenco durante il periodo in cui la manutenzione è a carico dell'Impresa, provvedendo di volta in volta ai ripristini resisi necessari, senza che occorran particolari inviti da parte della Stazione Appaltante, avendo cura di dare un preavviso alla Direzione Lavori.

A sua volta la Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di ordinare all'Impresa gli interventi manutentivi che ritenesse necessari per il ripristino della perfetta efficienza delle opere, salvo restando la facoltà, in caso di inadempienza dell'Impresa, di provvedere direttamente ai ripristini a spese dell'Impresa stessa.

Quanto sopra non esime l'Impresa dalle responsabilità, sia civili che penali, per danni alla Stazione Appaltante o a terzi che dovessero derivare da tali inadempienze, restando l'Impresa responsabile in merito per tutta la durata della garanzia.

### **Norme di misurazione e valutazione dei lavori**

I lavori verranno valutati "a corpo".

Il giudizio sull'esattezza della posa è riservato in modo insindacabile alla Direzione Lavori e saranno ad esclusivo carico e spesa dell'Impresa ogni opera e fornitura relativa alla cancellazione ed ai rifacimenti di segnalazioni giudicate non conformi perché non correttamente posate.

### **Rendicontazione giornaliera delle attività svolte**

L'Impresa dovrà predisporre dei rapportini giornalieri, secondo un modulo fornito dalla Direzione Lavori, dove dovrà riportare la tipologia e quantità dei lavori eseguiti, il personale ed i mezzi impiegati, lo stato del tempo e le osservazioni che riterrà opportuno sullo svolgimento dei lavori stessi; tali rapportini dovranno essere compilati anche in caso di sospensione dei lavori per maltempo, incidenti od altro. I rapportini dovranno essere inviati con mail o fax alla Direzione Lavori giornalmente.

All'ultimazione dei lavori, l'Impresa dovrà consegnare l'originale dei rapportini ed i disegni/brogliacci dei lavori eseguiti, secondo le modalità che saranno impartite dalla Direzione Lavori.

### **Controlli**

I controlli di cui al presente articolo devono essere eseguiti al fine di verificare la conformità delle lavorazioni svolte agli standard contrattuali e saranno comunque eseguiti ogni qual volta la Direzione Lavori lo ritenesse necessario.

Questi devono avvenire in contraddittorio con l'Appaltatore, qualora questo non si presenti, l'avvenuta verifica sarà comunicata dal Direttore Lavori, all'Appaltatore stesso, successivamente, con espressa scrittura che indichi i termini di riferimento del luogo in cui è stato effettuato il prelievo e/o la prova.

Le spese per le prove ed i controlli standard previsti, come di seguito elencati, saranno a carico dell'Impresa. Eventuali ulteriori prove, inizialmente non previste, saranno a carico della Stazione Appaltante a meno che le stesse non servano a circoscrivere/eliminare eventuali detrazioni da applicarsi a seguito di non conformità nelle lavorazioni; in tal caso le spese relative alle prove ed all'eliminazione delle non conformità saranno a totale carico dell'Appaltatore.

### **CONTROLLI IN LABORATORIO**

Le prove da eseguirsi in laboratorio saranno svolte in laboratori attrezzati, scelti dalla Direzione Lavori.

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti in laboratorio saranno finalizzate a verificare la perfetta corrispondenza del prodotto formulato tecnicamente in sede di offerta, quello prelevato fisicamente in sede di consegna dei lavori e quello definitivamente posato in opera.

Le caratteristiche oggetto dei controlli in laboratorio sono le seguenti:

colore;  
caratteristiche chimico – fisiche;  
tempo di essiccazione;  
granulometria;  
indice di rifrazione;

qualità e quantità delle perline.

I controlli di verifica tra il prodotto formulato in sede di offerta e quello prelevato in sede di consegna dei lavori sono propedeutici all'accettazione della miscela da utilizzare in opera. Tale accettazione deve essere espressa, a cura del Direttore dei Lavori.

Eventuali ulteriori verifiche in laboratorio per la verifica della corrispondenza tra la miscela accettata e la miscela effettivamente posata sono a carico della Stazione Appaltante a meno che i risultati delle prove non evidenzino non conformità; in tal caso le spese delle prove e della risoluzione delle non conformità sono a totale carico dell'Appaltatore.

Le misurazioni, su espressa autorizzazione della Direzione Lavori, potranno essere effettuate direttamente dall'Appaltatore se questo sia in possesso della certificazione ISO 9000 o superiore; in caso contrario, le misurazioni dovranno essere effettuate o dal personale della Direzione Lavori, o da Istituto certificato come sopra esposto, ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori secondo proprio insindacabile giudizio.

## CONTROLLI IN SITU

Le prove effettuate in situ sul materiale posto in opera sono finalizzate alla valutazione degli standard contrattuali sia all'inizio della vita utile, sia al suo termine (ovvero al periodo di garanzia).

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti saranno eseguite in cantiere con strumentazione portatile (colore, visibilità notturna e abrasibilità) e/o con macchine ad alto rendimento (visibilità notturna) a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori.

Le misurazioni effettuate, dovranno essere riportate su apposito rapportino indicante gli estremi del contratto, la data, la progressiva chilometrica, l'esatta ubicazione delle misurazioni ed i valori rilevati e la loro media; il rapportino dovrà essere firmato dall'Impresa e dall'incaricato della Direzione Lavori.

Le caratteristiche oggetto dei controlli in situ sono le seguenti:

- colore
- retroreflessione
- abrasibilità

### Colore

I controlli delle coordinate tricromatiche saranno eseguiti come previsto dall'appendice C della UNI EN 1436.

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 e/o ordinativi di servizio). In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori delle coordinate cromatiche.
- ☐ simboli: per ogni simbolo, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media delle letture in cinque punti diversi.
- ☐ lettere: per ogni lettera il valore delle coordinate tricromatiche sarà dato dalla media delle letture in tre punti diversi.
- ☐ linee trasversali: per ogni striscia trasversale il valore delle coordinate tricromatiche sarà dato dalla media delle letture in cinque punti diversi.

### Retroreflessione

I controlli dei valori di retroreflessione saranno eseguiti con apparecchi che utilizzino la geometria stabilita dalla UNI EN 1436 appendice B.

Il valore di retroreflessione RL sarà determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e delle condizioni della superficie stradale come previsto nella Norma UNI EN 1436 appendice B e più precisamente:

- ☐ linee longitudinali: deve risultare dalla media di dieci sondaggi eseguiti in punti diversi della medesima striscia per tratto riferito ai rapportini giornalieri e/o ordinativi di servizio. In ogni sondaggio devono essere effettuate un minimo di cinque letture, ad una distanza di circa 1 m tra loro, dei valori di retroreflessione. Il valore di ciascun sondaggio sarà dato dalla media aritmetica delle letture in cinque punti diversi.

☐ simboli: per ogni simbolo il valore di retroriflessione sarà dato dalla media aritmetica delle letture in cinque punti diversi.

☐ lettere: per ogni lettera il valore di retroriflessione sarà dato dalla media aritmetica delle letture in tre punti diversi.

☐ strisce trasversali: per ogni striscia trasversale il valore di retroriflessione sarà dato dalla media aritmetica delle letture in cinque punti diversi.

Il valore di riferimento da confrontare con i risultati dei sondaggi (dati dalla media aritmetica delle singole letture) è quello previsto dalla Tabella 2 così come modificato dal nuovo valore soglia come definito in premessa.

#### Abradibilità

Il valore di abradibilità (parametro SRT) sarà determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e delle condizioni della superficie stradale come previsto nella Norma UNI EN 1436 appendice D.

Il valore della resistenza al derapaggio deve essere determinato con tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri e/o ordinativi di servizio).

In ogni sondaggio devono essere effettuate un minimo di tre letture dei valori di resistenza all'attrito radente.

Il valore di resistenza al derapaggio sarà dato dalla media delle letture eseguite in ogni singolo punto scelto, nel tratto riferito ai rapportini giornalieri.

Il valore di riferimento da confrontare con i risultati dei sondaggi (dati dalla media aritmetica delle singole letture) è quello previsto dalla Tabella 2 Tabella 3 così come modificato dal nuovo valore soglia come definito in premessa.

Al termine del periodo di vita utile (ovvero periodo di garanzia), la Direzione Lavori verificherà che il valore puntuale del coefficiente RL, come risultato dalla media delle misurazioni, sia conforme a quanto previsto nella tabella 1.

#### Tempistiche dei controlli

Le verifiche di cui sopra verranno effettuate dalla Direzione Lavori secondo il seguente calendario, fatte salve le eventuali modifiche ad insindacabile giudizio della stessa Direzione Lavori:

☐ a novanta giorni dalla consegna dei lavori, sui lavori eseguiti fino a detta scadenza ovvero quando l'appaltatore avrà maturato il credito per avere diritto al pagamento in acconto;

☐ all'ultimazione dei lavori sulla parte residuale dei lavori eseguiti e su quelli eseguiti precedentemente risultati non conformi alle specifiche richieste;

☐ alla fine del periodo di vita utile come sopra definita.

#### Controlli in continuo con metodi ad alto rendimento

☐ L'Appaltatore può proporre alla Direzione Lavori che i controlli puntuali dei valori del coefficiente RL da eseguirsi sulle strisce continue e discontinue longitudinali, descritti nei paragrafi precedenti, siano invece effettuati con apparecchi ad alto rendimento tipo ECODIN a geometria Ecolux LCPC con angolo di incidenza di 86° e 30' e angolo di divergenza di 1°.

☐ I valori devono essere rilevati in continuo, secondo le normative vigenti, e devono essere restituiti con il valore medio per tratti omogenei di 100 mt.

☐ Per tali controlli si farà riferimento alla media mobile ogni 100 ml e tale valore risultante si paragonerà ai valori minimi limite indicati per i controlli in situ per l'accettazione della segnaletica e/o per l'applicazione di penali per il mancato raggiungimento dei requisiti richiesti.

☐ Tutti i costi relativi a tali prove, comprese la segnaletica di cantiere, il personale, la strumentazione e quant'altro occorra, saranno a carico dell'Impresa. ART. 15. – NON CONFORMITA' E PENALI

#### NON CONFORMITA' TOTALI

Qualora, dalle prove al momento dell'accettazione della lavorazione eseguita (punto 1 e 2 della calendarizzazione) ovvero al termine della vita utile (punto 3 della calendarizzazione) i valori di RL o SRT risultino inferiori al valore minimo ammissibile

(Tabella 2 e Tabella 3), l'Impresa avrà l'obbligo di adoperarsi, anche eventualmente modificando la composizione della vernice o sostituendo il prodotto impiegato, rinnovando la segnaletica non conforme eseguita a propria cura e spese entro 10 giorni naturali e consecutivi dalla contestazione scritta da parte del Direttore dei Lavori.

Successivamente, dovranno essere effettuate ulteriori adeguate misurazioni, a carico dell'Impresa, nel numero e nei luoghi scelti dalla Direzione Lavori, anche in funzione della gravità della non conformità, al fine di verificarne l'effettiva risoluzione.

Nel caso in cui i valori risultassero nuovamente non conformi, l'Impresa dovrà di nuovo ripetere la procedura. Al terzo ciclo di misurazioni riportanti valori non accettabili la Direzione Lavori proporrà al Responsabile Unico del Procedimento la rescissione del contratto per grave inadempienza dell'Appaltatore.

Rimane stabilito che la Direzione Lavori procederà a detrarre in sede contabile le quantità risultate totalmente NON conformi e non ripristinate dall'Appaltatore.

Oltre al prescritto rifacimento della segnaletica non conforme verrà applicato in aggiunta l'addebito di

€ 2.500,00 (diconsi euro duemilacinquecento/00) per ogni misurazione di controllo del parametro RL con risultato minore del valore minimo ammissibile (Tabella 2).

#### NON CONFORMITA' PARZIALI

In linea generale, a seguito di parziali non conformità delle lavorazioni eseguite che non pregiudichino l'accettabilità del lavoro svolto (come stabilito dal paragrafo precedente), verranno applicate apposite penali in sede di contabilità come meglio specificate in seguito.

Per ciascun punto ove la media delle misurazioni del solo parametro RL sia risultata inferiore al "valore soglia" o al "nuovo valore soglia" ma superiore al valore minimo ammissibile (vedi Tabella 2), verrà applicato, per il tratto omogeneo, l'addebito di € 3,00 (diconsi euro tre/00) per ogni chilometro di strada e per ogni punto percentuale di RL inferiore al valore di soglia.

$$P = 3 * Lt * (VRL,S - VRL,R)$$

Dove:

P è l'importo della penale applicata in sede di contabilità;

Lt è la lunghezza in chilometri del tratto omogeneo di strada sul quale viene applicata la penale;

VRL,S è il massimo tra il valore soglia stabilito nelle tabelle di riferimento o il nuovo valore soglia offerto;

VRL,R è il valore del singolo sondaggio, media aritmetica delle singole letture del parametro.

La penale sopra definita viene valutata, per singolo tratto omogeneo di strada in occasione delle misurazioni effettivamente calendarizzate come precedentemente definite.

Rimane stabilito che la stessa penale viene applicata alla quota parte di decremento effettivo misurato del parametro VRL non già oggetto di precedenti penalizzazioni.

Addebiti e detrazioni contabili, saranno contabilizzati nel successivo stato d'avanzamento dei lavori alla data dei rilievi effettuati; in occasione dell'ultimo stato di avanzamento dei lavori o finale, la Stazione Appaltante si avvarrà della facoltà di escutere la polizza per garanzia contrattuale.

A titolo di esempio:

CASO 1: la segnaletica prodotta non soddisfa, al momento del controllo di accettazione (o al termine della vita utile) il valore soglia di RL o di SRT. La segnaletica viene contestata dalla Direzione Lavori per tutto il tratto omogeneo di strada non conforme e deve essere ripristinata come sopra descritto. Viene applicata la penale prevista per i singoli punti di misurazione che non soddisfano il valore di accettabilità.

CASO 2: la segnaletica prodotta, al momento del controllo di accettazione (o al termine della vita utile), ha un valore di RL minore del valore soglia o del nuovo valore soglia ma superiore al valore minimo ammissibile. La lavorazione viene accettata, ma viene applicata la penale sopra definita per il tratto omogeneo di strada non conforme. Se il parametro contrattuale degrada al momento delle successive verifiche calendarizzate verrà applicata la penale solo alla differenza tra il parametro misurato e quello precedentemente rilevato. Se il parametro è comunque inferiore al valore ammissibile la segnaletica dovrà essere ripristinata al nuovo.



### **Altre prescrizioni relative alla posa della segnaletica**

#### **VERIFICHE PRELIMINARI ALLA POSA**

Prima di effettuare un lavoro di posa della segnaletica orizzontale, è necessario che il caposquadra si assicuri che il materiale che intende utilizzare per la realizzazione del lavoro risponda a precisi requisiti in relazione alla tipologia di lavoro per il quale il prodotto stesso dovrà essere utilizzato.

Per far ciò il caposquadra deve essere provvisto di una scheda tecnico-applicativa relativa al materiale, rilasciata dal produttore, che contenga tutte le caratteristiche tecniche del prodotto e di una scheda relativa al tipo di lavoro predisposta dalla Direzione Tecnica dell'Impresa incaricata dei lavori. Confrontando le due schede, il caposquadra deve assicurarsi che le caratteristiche corrispondano. Il caposquadra deve inoltre assicurarsi di possedere la scheda di sicurezza del prodotto con indicata la pericolosità del materiale e le condizioni di trasporto. Nota. Nel caso di controllo del materiale in magazzino, esso deve essere eseguito in conformità alla UNI ENV 13459-1.

Il caposquadra deve assicurarsi di possedere tutti i macchinari e le attrezzature che serviranno in cantiere corredati di manuale tecnico-operativo, indicati sulla scheda tecnico-applicativa fornita dall'azienda per quella tipologia di lavoro. I macchinari e le attrezzature dovranno essere sottoposte a verifiche giornaliere e periodiche sia ai fini di una buona riuscita del lavoro, sia ai fini della sicurezza di coloro che dovranno utilizzare tale macchinario in cantiere secondo un piano predisposto dall'Impresa e risultante da moduli compilati e sottoscritti.

Devono essere previste le diverse tipologie di cantiere temporaneo, a seconda del sito dove avrà luogo il lavoro di posa della segnaletica orizzontale: le dotazioni necessarie per il cantiere sono diverse a seconda della classe di strada su cui deve essere realizzato il lavoro e a seconda che la strada sia aperta o chiusa alla circolazione durante le operazioni di posa e della situazione locale.

Il caposquadra sulla base di quanto indicato sulla scheda relativa al lavoro, avendo note le caratteristiche della strada, deve procurarsi tutte le dotazioni per il cantiere facendo riferimento a quanto prescritto dalla normativa vigente. Devono essere adottate le diverse tipologie di cantiere temporaneo e mobile, secondo quanto previsto dalla legislazione vigente.

Prima di iniziare un lavoro di posa della segnaletica orizzontale il caposquadra deve effettuare le seguenti verifiche:

- ☐ verificare se lo stato della segnaletica preesistente, qualora presente, permette una sovrapposizione del prodotto senza rischi per la buona riuscita dell'applicazione stessa, tenendo in considerazione la compatibilità dei prodotti;
- ☐ verificare il tipo di supporto (conglomerato bituminoso, conglomerato bituminoso drenante, calcestruzzo, pietra) e la sua compatibilità con il materiale da applicare;
- ☐ accertarsi delle condizioni fisiche della superficie, ad esempio che non ci sia presenza di crepe o irregolarità che possano ostacolare l'applicazione del materiale;
- ☐ il supporto deve risultare perfettamente pulito, privo cioè di agenti inquinanti quali ad esempio macchie d'olio o di grasso, o resine provenienti dagli alberi, che possano influenzare la qualità della stesa;
- ☐ poiché la maggior parte dei materiali è incompatibile con l'acqua, il supporto deve essere asciutto e la sua temperatura deve rientrare nell'intervallo previsto per l'applicazione del materiale come risulta dalla scheda tecnica del produttore;
- ☐ devono essere rilevati i valori di temperatura del supporto ed umidità relativa dell'aria prima della stesa, che devono rientrare nell'intervallo previsto per il prodotto da utilizzare (vedi scheda tecnica del produttore).

Nel caso non si siano verificate le condizioni idonee all'applicazione, l'operatore non deve procedere all'esecuzione del lavoro e deve avvisare la direzione dell'azienda per avere istruzioni.

#### **POSA DEL CANTIERE E RISPETTO DELLE NORME DI SICUREZZA**

In cantiere deve essere presente ed attuato il piano di sicurezza. Per la posa del cantiere si deve far riferimento alla legislazione vigente. In particolare si deve aver cura di soddisfare i seguenti punti:

- ☐ Visibilità degli operatori: tutti gli operatori addetti al cantiere di lavoro devono indossare indumenti ad alta visibilità in modo da garantire l'immediato riconoscimento da parte degli utenti.

□ Visibilità dei mezzi di lavoro: tutti i mezzi coinvolti nelle operazioni del cantiere devono essere immediatamente riconoscibili e visibili dagli utenti. E' opportuno impiegare accorgimenti quali lampeggiatori ad alta visibilità, pannelli segnaletici installati sui mezzi, lampade flash per permettere un'immediata individuazione dei mezzi di lavoro.

□ Posizionamento dei segnali: gli operatori devono usufruire dei dispositivi di segnalamento installati sui mezzi al fine di preavvisare l'utenza dell'imminente potenziale pericolo e, se necessario, prevedere l'impiego di uno o più movieri addetti alla regolamentazione del traffico; il posizionamento dei segnali deve avvenire secondo il seguente ordine, partendo dalla testa del cantiere:

1. segnali di preavviso lavori, in funzione del tipo di strada e della velocità d'esercizio;
2. segnali di inizio lavori in corrispondenza dell'inizio del cantiere;
3. segnali indicanti divieto di sorpasso e limitazione di velocità;
4. strettoie e/o chiusura di corsie;
5. direzioni consentite;
6. altri segnali in relazione alla tipologia del cantiere;
7. delimitazione dell'area di intervento con coni e delineatori rifrangenti, con segnaletica orizzontale (ove prevista) e luci.

Onde evitare il ribaltamento dei dispositivi di segnalamento, è opportuno che tutti i segnali, qualora non fissati su paline fissate al terreno, siano posizionati su cavalletti opportunamente appesantiti.

Ritiro dei segnali: è importante che anche durante il ritiro dei segnali siano in funzione i dispositivi di segnalamento presenti sui mezzi e che siano presenti i movieri addetti alla regolamentazione del traffico. L'ordine da tenere per il ritiro dei segnali è inverso rispetto al loro posizionamento; devono essere pertanto ritirati per ultimi i segnali posti all'inizio del cantiere.

Si ribadisce che le norme e le disposizioni di legge da tenere in considerazione ed applicare sono quelle in vigore al momento della esecuzione dei lavori anche se non espressamente citate.

#### MESSA A PUNTO DELL'ATTREZZATURA D'APPLICAZIONE

Tutte le operazioni di messa a punto dell'attrezzatura devono essere fatte in conformità con la scheda tecnica del prodotto, nella quale è indicato il tipo di macchinario da utilizzarsi per l'applicazione di quello specifico prodotto; inoltre la messa a punto dell'attrezzatura deve essere conforme con il manuale d'uso del macchinario, che deve essere sempre in possesso dell'operatore.

Ci sono alcune operazioni sostanzialmente indipendenti dal tipo di prodotto utilizzato: prima dell'inizio del lavoro di posa, è opportuno effettuare un'accurata verifica dei dosaggi e della uniformità di distribuzione del materiale da parte della macchina. Questo deve essere effettuato mediante la taratura della macchina e il rifornimento della stessa di tutti i prodotti necessari per il lavoro da eseguirsi, come materiale da applicare, microsfere di vetro, lubrificante, carburante, quindi tutto ciò che permette il funzionamento del macchinario e la corretta esecuzione del lavoro.

In fase di fine lavoro e ricovero dell'attrezzatura è bene assicurarsi una perfetta pulizia del macchinario, dalla pulizia degli ugelli di spruzzatura allo svuotamento e pulizia dei serbatoi.

Quest'ultima operazione può essere evitata nel caso di macchinari con serbatoi in pressione o grandi serbatoi non in pressione, purché non rimangano inutilizzati per un periodo superiore a quanto definito dalla scheda tecnica del prodotto. Oltre alla pulizia è bene assicurarsi una perfetta funzionalità della componentistica del macchinario.

#### TRACCIAMENTO

La fase di tracciamento, se prevista, è indipendente dal tipo di prodotto utilizzato e per quanto riguarda le figure da realizzarsi si deve far riferimento alla legislazione vigente ed alle indicazioni della Direzione Lavori. Vi sono casi particolari nei quali è necessario prestare attenzione durante l'esecuzione del lavoro di tracciamento. Ci si riferisce in principale modo a lavori di segnaletica orizzontale trasversale.

#### VERIFICA CORRETTA APPLICAZIONE

L'operazione consiste sostanzialmente nell'assicurarsi che il macchinario sia e rimanga entro le tolleranze massime previste dal fabbricante. Le tolleranze si compongono di due livelli: rimanendo nel primo livello è possibile ripristinare la taratura

ottimale del macchinario durante la posa; nel secondo livello non è più possibile ripristinare la taratura ottimale in corso d'opera, è dunque necessario interrompere il lavoro e solo a taratura ottimale ripristinata si può proseguire con il lavoro di posa. Durante l'esecuzione è necessario controllare che i consumi rilevati durante la posa siano conformi alle previsioni, controllando i parametri tipici di ciascun macchinario. Anche in corso d'opera è necessario effettuare delle verifiche di dosaggio e di uniformità di distribuzione del materiale sul supporto da parte della macchina. Queste verifiche, opportunamente registrate, sono un importante documento di come è avvenuta l'applicazione del prodotto.

#### CONDIZIONI AMBIENTALI

In corso d'esecuzione del lavoro di posa non deve esserci un mutamento del clima incompatibile con il prodotto che si sta utilizzando, ad esempio si deve controllare di essere nell'intervallo di temperatura previsto e che vi sia il giusto tasso d'umidità relativa; si deve inoltre prestare attenzione alla condizione della pavimentazione, ovvero alle sue caratteristiche fisiche; è inoltre doveroso accertarsi dell'omogeneità e della integrità superficiale della pavimentazione (assenza di fessurazioni, sgretolature, discontinuità.). Verificare inoltre che non vi siano tratti con diversa tipologia di pavimentazione non compatibile con il prodotto in uso.

#### SCHEDA DI SICUREZZA E TRASPORTABILITÀ DEI PRODOTTI

L'operatore deve assicurarsi che siano presenti sia la scheda di sicurezza sia la scheda di trasportabilità del materiale, e deve attenersi. Al momento sono in vigore:

- ☐ Direttiva 67/548/CEE e successive modifiche ed adeguamenti;
- ☐ Direttiva 1999/45/CE e successive modifiche ed adeguamenti;
- ☐ Direttiva 91/155/CE e successive modifiche ed adeguamenti;
- ☐ Direttiva 2001/7/CE;
- ☐ Decreto direttoriale 6/06/2002: Trasporto internazionale di merci pericolose su strada (ADR);
- ☐ D.Lgs. 4 febbraio 2000, n°40 e successive modifiche.

#### **ART. 35 -BARRIERE DI SICUREZZA**

##### **Barriere stradali**

I progetti e le relative esecuzioni relative all'installazione di dispositivi di sicurezza devono attenersi rigorosamente a quanto prescritto dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 in materia di installazione di dispositivi di sicurezza e dalle successive integrazioni e modificazioni fino al vigente D.M. n°2367 del 21.6.2004. L'Appaltatore dovrà utilizzare dispositivi di installabili ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28/06/2011.

Si riassume di seguito il quadro normativo di riferimento per l'impiego delle barriere stradali di sicurezza:

- Circolare LL.PP. n. 2337 d.d. 11/07/1987 (istruzioni su lle barriere di sicurezza stradali in acciaio)
- D.M. LL.PP. d.d. 04/05/1990 (Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei Ponti stradali)
- D.M. LL.PP. n. 223 d.d. 18/02/1992 (Regolamento istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza)
- Circolare LL.PP. n. 2595 d.d. 09/06/1995
- Circolare LL.PP. n. 2357 d.d. 16/05/1996
- D.M. LL.PP. d.d. 15/10/1996 (Aggiornamen to del D.M. LL.PP. n. 223 d.d. 18/02/1992)
- Circolare LL.PP. n. 4622 d.d. 15/10/1996 (Istituti autori zzati all'esecuzione di prove di impatto su barriere di sicurezza stradali)

- Circolare A.N.A.S. n. 17600 d.d. 05/12/1997
- Circolare A.N.A.S. n. 6477 d.d. 27/05/1998
- D.M. LL.PP. d.d. 03/06/1998 (Ulteriore aggiornamento del D.M. LL.PP. n. 223 d.d. 18/02/1992)
- D.M. LL.PP. d.d. 11/06/1999 (Integrazioni del D.M. LL.PP. d.d. 03.06.1998)
- Circolare A.N.A.S. n. 7735/99 (Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali)
- Circolare LL.PP. n. 7938 d.d. 06/12/1999 (Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano merci pericolose)
- Circolare LL.PP. d.d. 06/04/2000 (Istituti autorizzati all'esecuzione di prove di impatto su barriere di sicurezza stradali)
- D.M. II.TT. d.d. 02/08/2001 (Proroga dei termini previsti dall'art. 3 del D.M. 11/06/1999)
- D.M. II.TT. d.d. 23/12/2002 (Proroga dei termini previsti dall'art. 1 del D.M. 02/08/2001)
- D.M. II.TT. d.d. 21/06/2004 (Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere di sicurezza stradali)
- DIRETTIVA II.TT. 25/08/2004 (Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali)
- Circolare Ministero dei Trasporti n. Prot. 000104 862 d.d. 15.11.2007 (Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004)
- Nuove norme tecniche per le costruzioni 2008. (DM 14.01.2008)
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. prot 0062032 d.d. 21/07/2010

Il livello di contenimento "Lc" e l'indice di severità dell' accelerazione "ASI" previsti per verificare l'efficienza e la funzionalità delle barriere stradali di sicurezza, così comedefiniti dalla norma UNI EN 1317 parti 1 e 2, dovranno essere comprovati con certificazioni di prove d'impatto al vero (crash-test) eseguite presso i Laboratori Ufficiali autorizzati dal Ministero dei LL.PP. (circolare LL.PP. n. 4622 del 15-10-1996 e Circolare Ministero LL.PP. del 06-04-2000) e secondo le modalità previste dalla norma europea UNI EN 1317 parti 1, 2, 3 e 4.

Le barriere di sicurezza in acciaio per nuovo impianto verranno poste in opera, complete di terminali semplici come indicato nei rapporti di crash test, secondo le disposizioni della D.L. ed a norma del D.M. LL.PP. 18 febbraio 1992, n°223 "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza", come modificato ed integrato dal D.M. 21/06/2004, n. 2367.

Il D.M. II.TT. 21/06/2004, che aggiorna le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le loro prove, recepisce le direttive europee e le norme UNI 1317-1/2/3/4. Negli elaborati di progetto vengono individuate le caratteristiche generali minime che dovranno possedere i prodotti installati

, demandando alla cura ed all'onere dell'Appaltatore la verifica puntuale dei diversi dispositivi dei tipi commerciali forniti che dovranno essere adattati alle esigenze del cantiere.

L'Impresa appaltatrice dei lavori dovrà fornire barriere di sicurezza omologate ai sensi del D.M. 21.06.2004 o rispondenti alle norme UNI EN 1317 parti 1, 2, 3 e 4, acquisendo ai fini della verifica di rispondenza alle suddette norme, i rapporti di crash test rilasciati da campi prova dotati di certificazione secondo norme ISO EN 17025.

Nell'installazione dei dispositivi di sicurezza, previo consenso della Direzione Lavori, sono tollerate piccole variazioni, rispetto a quanto indicato nei rapporti di crash-test, conseguenti alla natura del terreno di supporto o alla morfologia della strada.

L'attrezzatura posta in opera inoltre dovrà essere identificabile con il nome del produttore e la sigla di omologazione (tipo e numero progressivo).

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di richiedere qualunque altro elemento o prova che ritenesse necessario per meglio individuare il funzionamento della barriera nonché la facoltà di sottoporre i materiali a qualsiasi altra prova presso Laboratori Ufficiali.

Nel caso che i materiali non dessero, alle prove, i requisiti richiesti, l'Impresa sarà tenuta ad allontanare i materiali approvvigionati ed eventualmente posti in opera sostituendoli con altri aventi requisiti fissati dalle presenti Norme Tecniche. Nulla spetterà all'Impresa per gli oneri sostenuti al riguardo. Dovrà inoltre essere resa dall'Impresa una dichiarazione di conformità d'installazione nella quale il Direttore Tecnico dell'Impresa installatrice garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel certificato di omologazione o nel rapporto di prova. Tutte queste dichiarazioni, unitamente ad altre previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro, dovranno essere fornite al Direttore dei Lavori.

Specificamente si prescrive che nella scelta dei tipi commerciali, l'Appaltatore fornisca – a parità di requisiti - barriere che siano state testate in condizioni analoghe a quelle di impiego.

La predetta documentazione dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori con congruo anticipo sulla posa in opera delle barriere.

### **Parapetti pedonali**

I parapetti pedonali dovranno essere realizzati, per quanto attiene gli acciai laminati a caldo, con materiali rispondenti alle prescrizioni contenute nel D.M. 9 gennaio 1996 e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 252 del 15-10-1996, mentre per altri tipi di acciaio o di metallo si dovrà fare riferimento alle Norme U.N.I. corrispondenti o ad altre eventuali comunque richiamate dal predetto D.M.

I sostegni saranno di norma alloggiati, per la occorrente profondità, in appositi fori di ancoraggio predisposti, o da predisporre dalla stessa Impresa, sulle opere d'arte e fissati con adeguata malta secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate della D.L.

I fori dovranno essere eseguiti secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate dalla Direzione Lavori come pure il ripristino delle superfici manomesse. Tutte le parti metalliche dei parapetti dovranno essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360 ed assoggettate alla zincatura a caldo mediante il procedimento a bagno.

I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 300 per metro quadrato e per ciascuna faccia; i controlli dei quantitativi di zinco saranno effettuati secondo i procedimenti previsti dalle norme ASTM n. A 90/53 ed UNI 5744/66

## **CAPO 8 - CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI (NORMALI E PRECOMPRESSI)**

### **ART. 36 - SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

#### **Scopo**

1. Le presenti prescrizioni definiscono le condizioni operative per ottenere definite caratteristiche prestazionali richieste al calcestruzzo.

2. Le prescrizioni si intendono, ove non in contrasto, integrative delle norme tecniche emanate in applicazione della Legge 1086 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, aggregati, acqua d'impasto, additivi e aggiunte nonché delle relative norme UNI.

3. In particolare si intendono valide e recepite le indicazioni riportate nelle Linee Guida, in quanto non in contrasto con le norme tecniche sopra citate

#### **Campo di applicazione**

4. Le prescrizioni si applicano ai soli calcestruzzi confezionati con aggregati normali e definiti, secondo la UNI 9858, con struttura chiusa.

5. Le prescrizioni si applicano al calcestruzzo per strutture gettate in sito o, con le modifiche e integrazioni di cui alla parte II, prefabbricate, confezionato in impianto localizzato o in cantiere o all'esterno dello stesso o in stabilimento di prefabbricazione, e ai componenti strutturali di edifici e opere in cui venga utilizzato calcestruzzo non armato, armato o precompresso.

6. Nel caso di strutture complesse, di materiali nuovi o di tecnologie speciali o innovative, il Progettista dovrà integrare le presenti prescrizioni con ulteriori specifiche da sottoporre a preventiva approvazione del Direttore dei Lavori.

#### **Controlli**

7. I controlli descritti ai capitoli successivi e le relative prescrizioni riguardanti eventuali carenze e/o Non Conformità, si dovranno integralmente applicare alle opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di almeno 300 mc di calcestruzzo. Per quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite verranno effettuati i soli controlli previsti dalle norme tecniche emanate in applicazione della Legge 1086.

#### **Oneri per l'esecuzione delle prove**

8. Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati l'Appaltatore dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi richiesti dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche.

9. Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime a cura di Laboratori Ufficiali o Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

10. Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali o dai documenti di progetto o richieste dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche o dal Collaudatore, così come quelle previste dalle leggi vigenti, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

11. Per tutti i tipi di prova l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie e i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime.

12. Per consentire l'esecuzione delle prove previste ai successivi capitoli in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà fare riferimento a uno o più laboratori attrezzati. Le prove previste ai sensi della Legge 1086 e relativi decreti di attuazione dovranno essere effettuate solo presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati.

13. Nel caso di disponibilità di un laboratorio di cantiere, l'Appaltatore dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire.

#### **Qualificazione e addestramento del personale**

14. Gli addetti alla posa in opera del calcestruzzo dovranno essere stati prequalificati, a cura dell'impresa, in base a idonee procedure che prevedano la fornitura di nozioni tecniche (tecnologia del calcestruzzo, sicurezza, manutenzione attrezzature) e un adeguato addestramento.

#### **Preavvisi**

15. Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive l'Appaltatore dovrà darne informazione al Direttore dei Lavori: nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperi a quanto sopra, il Direttore dei Lavori potrà richiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese comunque accessibili le opere preventivamente non ispezionate.

## **ART. 37 - COMPITI E RESPONSABILITA'**

1. I dati fondamentali per i calcestruzzi a prestazione garantita sono:

- a) - classe di resistenza;
- b) - massima dimensione nominale degli aggregati;
- c) - prescrizioni sulla composizione del calcestruzzo a seconda della sua destinazione d'uso (classe di esposizione ambientale);
- d) - classe di consistenza;
- e) - modalità e durata della stagionatura protetta;
- f) - coefficienti di ritiro e viscosità (solo nel caso di calcestruzzo precompresso).

2. Potranno inoltre essere definite le seguenti caratteristiche:

- a) - calcestruzzo indurito:
  - resistenza alla penetrazione dell'acqua ai fini della permeabilità;
  - resistenza ai cicli di gelo e disgelo;
  - resistenza all'azione combinata del gelo e di agenti disgelanti;
  - resistenza agli attacchi chimici;
  - requisiti tecnici aggiuntivi.
- b) - miscela:
  - tipo di cemento;
  - contenuto d'aria;
  - sviluppo di calore durante l'idratazione;
  - requisiti speciali riguardanti gli aggregati: anche con riferimento alla reazione alcali-aggregati;
  - requisiti speciali riguardo alla temperatura del calcestruzzo fresco;
  - requisiti tecnici aggiuntivi;

3. L'Appaltatore avvalendosi di tecnologo del calcestruzzo, l'Appaltatore dovrà provvedere alla progettazione e sperimentazione dei costituenti e al progetto delle miscele del calcestruzzo in grado di soddisfare le indicazioni fornite dal Progettista. Qualunque proposta di variazione di tali indicazioni dovrà essere approvata dal Progettista.

4. Il tecnologo dovrà fornire le caratteristiche del calcestruzzo sia allo stato fresco che indurito ed essere a conoscenza di tutti i procedimenti che consentono l'esatta formulazione del proporzionamento della miscela secondo quanto previsto nelle presenti prescrizioni.

5. Al Direttore dei Lavori spetta:

6. l'esame di tutta la documentazione fornita dal Progettista e dall'Appaltatore relativa alla prequalifica degli impasti di calcestruzzo;

7. il controllo delle prove di qualifica delle miscele, per verificare l'affidabilità del

8. proporzionamento;

9. il controllo delle prove sui costituenti del calcestruzzo;

10. l'esecuzione e la verifica in corso d'opera delle prove sul calcestruzzo stabilite dal Progettista e/o previste nelle prescrizioni esecutive;

11. il trasferimento delle informazioni di ritorno al Progettista per eventuali adeguamenti e/o modifiche del progetto.

## **ART. 38 - CLASSIFICAZIONE DEI CALCESTRUZZI**

### **Classi di resistenza**

1. La resistenza a compressione del calcestruzzo viene espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore al di sotto del quale viene statisticamente a trovarsi il 5% dell'insieme di tutti i possibili valori di resistenza misurati sul calcestruzzo in esame.

2. La resistenza caratteristica cubica  $R_{ck}$  viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cubi di 150 mm di lato, per aggregati con diametro massimo fino a 32 mm, su cubi di 200 mm di lato per aggregati con diametro massimo maggiore di 32 mm

3. La resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck}$  viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza.

4. Per indicare la classe di resistenza si utilizza nel seguito la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck}$  e yy il valore della resistenza caratteristica cubica  $R_{ck}$  entrambi espressi in N/mm<sup>2</sup>

### **Classi di resistenza del calcestruzzo**

Classe di resistenza	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$R_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

### Classi di esposizione ambientale

5. Ai fini di una corretta scelta del tipo e classe di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale dovrà essere inserito.

6. Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

7. A seconda di tali azioni, sono individuate, nella norma prENV206 e nelle Linee Guida le classi e sottoclassi di esposizione ambientale elencate nella seguente tabella:

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi i condizioni ambientali
1 Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa.
2 Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo.		
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa
XC2	Bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; Fondazioni.
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta
XC4	Ciclicamente secco e bagnato.	Calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia. Superfici a contatto diretto con acqua non comprese nella classe XC2
3 Corrosione indotta dai cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri.
XD2	Bagnato, raramente secco	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente secco e bagnato	Parti di ponti Pavimentazioni Solette di parcheggi per auto.
4 Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare		
0XS1	Esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare.	Strutture sulla costa o in prossimità della costa.
1XS2	Zone sommerse	Parti di strutture marine
2XS3	Zone di maree, zone soggette a spruzzi	Parti di strutture marine
5 Attacco da cicli di gelo/disgelo		
3XF1	Grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo.
4XF2	Grado moderato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti	Superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria.
5XF3	Grado elevato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici orizzontali esposti alla pioggia e al gelo.
6XF4	Grado elevato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti	Impalcati stradali e ponti esposti ad agenti disgelanti Superfici verticali e orizzontali esposte al gelo e a spruzzi d'acqua contenenti agenti disgelanti.
6 Attacco chimico		
7XA1	Aggressività debole	0
8XA2	Aggressività moderata	1



Classe	Ambiente di esposizione	Esempi i condizioni ambientali
9XA3	Aggressività forte	2

8. Poiché la classificazione della tabella di cui sopra, ricavata dalle Linee Guida differisce da quella della Norma UNI 9858 si fornisce la correlazione tra le classi di esposizione ambientale dei due documenti.

#### Correlazione tra classi di esposizione ambientale

Ambiente	Classi di esposizione	
	UNI 9858	Linee Guida prENV206
Secco	1	X0
Umido senza gelo	2°	XC1-XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3-XD1-XA1
Umido con gelo	2b	XF1
Marino senza gelo	4°	XD2-XS1
Moderatamente aggressivo	5b	XC4-XA2
Umido con gelo e sali disgelanti	3°	XF2*
Marino con gelo	4b°	XF3*
Fortemente aggressivo	5c	XD3-XS2-XS3 XF4-XA3

\* Consigliato impiego di aeranti e/o antigelo

9. Inoltre, nella tabella successiva vengono specificati i tipi di calcestruzzo richiesti, le loro caratteristiche e i loro campi di impiego ai fini della durabilità delle opere.

#### Tipi di calcestruzzo

Tipo	Rapp. a/c max	Classe consistenza minima	Tipo di cemento (UNI/ENV 197/1)	Rck minima N/mm²	Classe di esposizione ambientale	Modalità di impiego
A	0.45	S4	Da I a V (*)	45	XD3-XS2 XS3-XF4	Impalcati ed elementi in c.a.p. e in c.a.v. Strutture marine Parti di ponti Solette di parcheggi
B	0.50	S4	Da I a V (*)	40	XC4-XD2 XS1-XF2 XF3-XA2	Impalcati in c.a. ordinario Pile e spalle Strutture scatolari Muri in c.a. Strutture in zona costiera Piscine
C1	0.55	S5	Da I a V (*)	35	XA1	Pali e diaframmi (se non in classe XA2/XA3)
C2	0.55	S4	Da I a V (*)	35	XC3-XD1 XF1-XA1	Fondazioni armate-Muri di sottoscampa e controripa-Tombini tubolari Superfici esposte alla pioggia.
D	0.60	S4	Da I a V (*)	30	XC1-XC2	Fondazioni non armate (pozzi,sottoplinti) Prismi per difese spondali.
E	-	S4	Da I a V (*)	25	X0	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa.

\* Nel caso di opere contro terra si dovranno utilizzare cementi ad alta o molto alta resistenza al dilavamento, secondo quanto previsto nella Norma UNI 9606

10. Le resistenze caratteristiche Rck, indicate nella tabella precedente, sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati. I criteri di qualificazione delle singole miscele, possono comportare valori di resistenza caratteristica maggiori di quelli indicati.

11. Le miscele non dovranno avere un contenuto di cemento minore di 280 kg/mc.

12. Nelle normali condizioni operative, il rispetto dei valori di Rck e di a/c della tabella precedente comporta dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

13. La lavorabilità indicata nella medesima tabella, si riferisce ai soli calcestruzzi preconfezionati o prodotti in cantiere; per i calcestruzzi impiegati nella prefabbricazione, ferme le altre caratteristiche, si potrà derogare da tale prescrizione con opportune motivazioni, da approvare da parte del Direttore dei Lavori in sede di qualifica dell'impianto di prefabbricazione e delle miscele proposte.

14. Nel caso di calcestruzzi soggetti ad attacco da cicli di gelo e disgelo e attacco chimico (classi di esposizione ambientale XF e XA) si dovranno applicare le prescrizioni integrative di cui in seguito.

15. L'impiego nel calcestruzzo di aggiunte di tipo II (ceneri volanti o fumo di silice) o di additivi aeranti dovrà essere approvato dal Direttore dei Lavori.

## **ART. 39 - CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI IL CALCESTRUZZO**

### **Cemento**

1. Per i manufatti strutturali (calcestruzzo armato) potranno essere impiegati unicamente i cementi elencati nella norma UNI ENV 197/1 che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella Legge 26/5/1965 n° 595, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

2. Il cemento dovrà provenire da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto.

3. I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati secondo quanto previsto nella Norma UNI ENV 197/1a e, per quanto applicabile, nel D.M 126 del 9/3/68.

4. Su richiesta del Direttore dei Lavori l'Appaltatore dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture di cemento approvvigionate all'impianto.

5. I requisiti meccanici, chimici e fisici del cemento dovranno essere controllati dall'Appaltatore per mezzo di prelievi, in contraddittorio con il fornitore, effettuati dalle autocisterne presso l'impianto di confezionamento, durante la qualificazione e in corso d'opera secondo le modalità e le cadenze prescritte nella tabella seguente e in conformità a quanto previsto dalla Norma UNI-ENV 197/1. Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata al Direttore dei Lavori.

6. In caso di ambienti chimicamente aggressivi si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle Norme UNI 9156 e UNI 9607.

Caratteristiche	Prova	Frequenza delle prove
Fisico-chimico-meccaniche	Legge 595/65(8) e DM 13/9/1993	Alla qualificazione A ogni cambio di fornitore Ogni 500 t in corso d'opera (*)
Contenuto di C <sub>3</sub> A e di (C <sub>4</sub> AF+2C <sub>3</sub> A)	Determinazione secondo UNI 9607 o con analisi quantitativa diffrattometrica ai raggi X (QRxD)	

(\*) Ogni 5.000 t se per ciascun cemento utilizzato l'Appaltatore consegnerà mensilmente al Direttore dei Lavori un certificato del cementificio che riporti il valore medio, lo scarto quadratico medio e il rango di ciascun requisito previsto dalla Norma UNI EN 197/1° relativi alle prove del mese precedente.

(\*\*) Solo nel caso di ambienti chimicamente aggressivi

### **Acqua d'impasto**

7. L'acqua d'impasto dovrà essere di provenienza nota e avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della Norma UNI EN 1008 con le integrazioni di cui alla seguente tabella:

Caratteristica	Prova	Limiti di accettabilità
pH	Analisi chimica	Da 5.5 a 8.5
Contenuti solfati	Analisi chimica	SO <sub>4</sub> = < 800 mg/litro
Contenuto cloruri	Analisi chimica	Cl <sup>-</sup> < 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	< 50 mg/litro
Contenuto totale di sali minerali	Analisi chimica	< 3000 mg/litro
Contenuto di sostanze organiche	Analisi chimica	< 200 mg/litro
Contenuto di sostanze solide sospese	Analisi chimico-fisica	< 2000 mg/litro

### **Fumi di silice**

8. I fumi di silice dovranno essere costituiti da silice attiva colloidale amorfa in particelle sferiche isolate di SiO<sub>2</sub> con diametro compreso tra 0.01 e 0.5 micron oppure "da agglomerati o granuli secondari di diametro da 1 a 10 micron. Dovranno

avere aspetto di polvere asciutta ed essere ottenuti da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silicio metallico o di leghe ferro-silicio in un forno elettrico ad arco.

**9.** Le caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche dovranno essere comprese entro i valori di cui alla successiva tabella.

Caratteristica	Unità misura	Limiti di accettazione		Frequenza delle prove
SiO <sub>2</sub>	%	≥ 85	da 70 a 85 (*)	Trimestrale o ogni 500 t
CaO	%	≥ 1,2	≥ 20	
Superficie specifica	m <sup>2</sup> /g	da 20 a 35	da 10 a 20	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	≥ 0,4		
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	%	≥ 4,0		
Cl <sup>-</sup>	%	≥ 0,2		
MgO	%	≥ 0,9		
Carbone libero (da calcinazione)	%	≥ 4,0		
Umidità (in forno a 105°C)	%	≥ 1,0		
Ph	-	6,3 6,8		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	≥ 0,3		
Massa volumica reale	t/m <sup>3</sup>	2,1 2,4		

(\*) Da impiegare solamente nei calcestruzzi proiettati.

**10.** Poiché il fumo di silice possiede un elevato potere di ritenzione d'acqua, il suo impiego dovrà essere sempre associato a quello di additivi superfluidificanti.

**11.** Nel caso di utilizzo dell'autobetoniera come mescolatore il fumo di silice dovrà essere immesso contemporaneamente ad almeno il 50% dell'acqua totale, in modo da formare una sospensione acquosa.

**12.** Per ogni invio dovrà essere specificato il fornitore e la provenienza e dovrà essere disponibile copia dei certificati delle prove eseguite con le cadenze previste.

#### Disarmanti

**13.** Dovranno essere impiegati solo prodotti conformi alla Norma UNI 8866 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del calcestruzzo indurito.

**14.** E' vietato usare come disarmanti lubrificanti di varia natura o oli esausti.

**15.** Le analisi dovranno essere effettuate:

- alla qualificazione;
- ogni sei mesi nel caso di acqua potabile;
- ogni 30 giorni se l'acqua, non potabile, proviene da pozzo o corso d'acqua;
- quando richiesto del Direttore dei Lavori per giustificati motivi.

#### Aggregati

**16.** Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste, per gli aggregati di classe A, nella Norma UNI 8520/2a.

**17.** Le caratteristiche degli aggregati dovranno essere verificate:

- alla qualificazione;
- a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della stessa cava;
- ogni 20.000 mc di calcestruzzo confezionato.

**18.** Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

**19.** Sia le sabbie che gli aggregati grossi dovranno avere massa volumica reale non minore di 2.55 t/mc; l'utilizzo di aggregati con massa volumica minore dovrà essere espressamente autorizzato dal Direttore dei Lavori.

**20.** Se gli aggregati provengono da frantumazione di materiale anche parzialmente proveniente da scavi in sotterraneo dovranno essere eseguite:

**21.** alla qualificazione: la determinazione della perdita di massa per urto e rotolamento (norma UNI 8520/19)

**22.** giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;

**23.** settimanalmente: un'analisi mineralogica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, integrata da prove di potenziale reattività in presenza di alcali.

**24.** Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

### Additivi

**25.** Gli additivi dovranno essere conformi alle Norme UNI EN 934 il loro impiego verrà autorizzato dal Direttore dei Lavori sulla scorta di una documentazione, da presentare a cura dell'Appaltatore, basata su un'ampia sperimentazione pratica su tipo, dosaggi ottimali ed eventuali effetti collaterali sulla miscela.

**26.** Per ottenere la lavorabilità richiesta ai rapporti a/c  $\leq 0,50 - 0,45$  è indispensabile ricorrere all'impiego di superfluidificanti, la cui attività deve essere tanto maggiore quanto minore è il rapporto a/c. Insieme ai superfluidificanti si potranno impiegare ritardanti per ritardare la perdita di lavorabilità dell'impasto, aeranti quando la struttura è esposta a cicli di gelo e disgelo e, in particolari casi, inibitori della corrosione dell'armatura.

**27.** Con il ritardante si posticipa l'inizio dello stadio nel quale il processo di idratazione provoca l'irrigidimento della massa. Tali impasti hanno maggiore tendenza al ritiro plastico perché se l'indurimento è ritardato, maggiore è il tempo disponibile per lo sviluppo della fessurazione da ritiro plastico. Il rischio di fessurazione è concreto nel getto di strutture con estese superfici a sviluppo orizzontale, in particolare nel getto di lastre e pavimentazioni.

**28.** Si prescrive in questi casi di impiegare, immediatamente dopo il getto, composti stagionanti che formino sulla superficie del calcestruzzo una membrana protettiva e/o la continua bagnatura perché la riduzione della perdita di umidità dalla superficie esposta dell'impasto riduce considerevolmente il rischio di fessurazione.

**29.** Nel caso venga prescritto l'uso di un inibitore di corrosione, occorre valutare gli effetti che lo stesso può avere sul comportamento della miscela allo stato fresco e indurito.

**30.** Quando per la durabilità ai cicli di gelo e disgelo gli additivi includono anche l'aerante, occorre controllare, durante le prove di qualifica, l'effetto del dosaggio aggiuntivo di superfluidificante sul contenuto d'aria. Tale effetto varia con il tipo d'impasto e con la natura dei componenti.

### Aggiunte di tipo II

**31.** E' ammesso l'utilizzo di aggiunte definite nella Norma 9858 di tipo II, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali dei calcestruzzo senza aggiunte allo stato fresco e indurito.

### Ceneri volanti

**32.** Le ceneri volanti provenienti da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo, documentabile per ciascuna giornata di invio, non dovranno contenere lignina o residui oleosi tali da danneggiare o ritardare la presa del cemento.

**33.** Le ceneri volanti potranno essere aggiunte unicamente a miscele di calcestruzzo nelle quali viene impiegato cemento tipo CEM 1.

**34.** Al fine di verificare la costanza della fornitura dovrà essere verificato il contenuto di  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  sulla prima fornitura, poi con cadenza mensile e comunque a ogni cambio della materia prima utilizzata per la combustione in centrale.

**35.** Per ogni invio dovrà essere specificato il fornitore e la provenienza e dovrà essere disponibile copia dei certificati delle prove eseguite con le cadenze di cui alla seguente tabella (le ceneri volanti utilizzate dovranno rispondere ai requisiti e tolleranze previsti nella Norma UNI EN 450 riassunte nella tabella medesima).

Caratteristica	Unità misura	Limiti di accettazione	Tolleranze	Frequenza prove
Perdita al fuoco (p.p.c.) (1 ora) UNI EN 196/2 (15)	%	$\geq 5,0$	+ 2,0	Ciascuna fornitura
CL <sup>-</sup> (cloruri) UNI EN 196/21 (15)	%	$\geq 0,1$	+ 0,01	Trimestrale o 1000 t
SO <sub>3</sub> (anidride solforica) UNI EN 196/2 (15)	%	$\geq 3,0$	+ 0,5	Trimestrale o 1000 t
Ossido di calcio libero UNI EN 451/1	%	$\geq 1,0$ (*)	+ 0,1	Mensile
(*) Se il contenuto di ossido di calcio è compreso tra 1 e 2,5%: prova di Le Chatelier UNI EN 196-3	mm	$\geq 10$	+ 1,0	Mensile o 200 t
Trattenuto al vaglio da 45 micron UNI EN 451/2	%	$\geq 40$	$\pm 10$	Mensile
Indice attività pozzolanica a 28 gg Indice attività pozzolanica a 90 gg (UNI EN 196/1 8 cemento di rif. CEM I)	%	$> 75$ $> 85$	-5 -5	Mensile o 500 t
Massa volumica dei granuli UNI EN 196/6	Kg/m <sup>3</sup>		$\pm 150$	Trimestrale o 1000 t

## ART. 40 - CARATTERISTICHE DELLE MISCELE

### Requisiti generali

1. La composizione del calcestruzzo (cemento, aggregato, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) dovrà essere tale da soddisfare le specifiche prestazionali (classe di resistenza, durabilità, dimensione nominale massima dell'aggregato, classe di consistenza), la classe di esposizione e da minimizzare i fenomeni di segregazione e di essudazione della miscela fresca.
2. Nella scelta del tipo e della classe di cemento si dovrà tenere conto delle condizioni di esposizione, della velocità di sviluppo della resistenza, del calore di idratazione e della velocità alla quale esso si libera.
3. Il contenuto minimo di cemento e il rapporto massimo acqua/cemento vanno definiti sulla base delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste; in ogni caso il calcestruzzo armato, ordinario o precompresso, deve contenere sufficiente cemento per assicurare un adeguato grado di protezione dell'acciaio contro la corrosione.
4. Il contenuto di cemento dovrà essere minore di 450 kg/mc; deroghe potranno essere concesse dal Direttore dei Lavori in sede di qualifica del calcestruzzo dopo avere verificato gli effetti connessi con alti dosaggi di cemento (ritiro, calore di idratazione ecc.).
5. I calcestruzzi dovranno raggiungere le caratteristiche minime di resistenza e curabilità indicate nel progetto, salvo quanto precisato di seguito o espressamente indicato dal Progettista e approvato dal Direttore dei Lavori.

### Granulometria degli aggregati

6. Gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse.
7. Essi dovranno essere mescolati tra loro in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata.
8. Le singole pezzature o frazioni granulometriche sono definite:
  - per le sabbie solamente da un diametro massimo (D).
  - per gli aggregati grossi da un diametro massimo (D) e da un diametro minimo (d);
9. I limiti del passante ai setacci dei diversi tipi di aggregato sono riportati in tabella:
10. Aggregati: limiti di accettazione delle frazioni granulometriche

Aggregato	Passante % su 1,4D	Passante % su D	Passante % su d	Passante % su d/2
Sabbia ( $\leq 4$ mm)	$\geq 98$	$\geq 85$	-	-
Grosso ( $> 4$ mm)	$\geq 98$	$\geq 85$	0 - 15	0 - 5

11. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione ai dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.
12. Le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non dovranno sovrapporsi per più del 15% e il diametro inferiore (d) della frazione (i+1)-esima dovrà risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione i-esima.
13. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 45%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.
14. Il diametro massimo dell'aggregato dovrà essere scelto in funzione dei valori di copriferro e interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera; in ogni caso dovrà rispettare quanto previsto dalla Norma UNI 9858.
15. Il Direttore dei Lavori potrà eventualmente approvare l'adozione di una granulometria discontinua, verificando preventivamente che l'impasto risponda alle prove di omogeneità.
16. Ogni 10.000 mc di calcestruzzo prodotto dovrà essere verificata la curva granulometrica su campioni prelevati secondo UNI 8520/3 e analizzati secondo UNI 8520/5.

### Rapporto acqua/cemento

17. La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla Norma UNI 8520 parti 13a e 16a per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto.
18. Il rapporto acqua/cemento di ciascuna miscela dovrà essere controllato, anche in cantiere, con le modalità previste nella Norma UNI 6393 almeno una volta ogni tre mesi o ogni 2.000 mc di produzione, operando con l'avvertenza di sottrarre dal calcolo della quantità di acqua nel campione quella assorbita dagli aggregati. Il rapporto a/c non dovrà discostarsi di  $\pm 0.03$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

### Lavorabilità

19. La lavorabilità è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in sito nella cassaforma o tra la produzione e la finitura. La lavorabilità viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

20. La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche e, di conseguenza, può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova. Nessuno dei metodi di prova proposti o in uso per la misura della consistenza è pienamente soddisfacente e le proprietà del calcestruzzo fresco che vengono prese ad indice della sua lavorabilità sono diverse da metodo a metodo.

21. In generale la massima sensibilità di ogni metodo riguarda campi differenti di lavorabilità e, a seconda del tipo di opera e delle condizioni di getto, va scelto il metodo più appropriato di controllo del grado di consistenza.

22. I metodi di misura della consistenza più largamente adottati, sui quali va basata la classificazione del calcestruzzo in funzione della consistenza sono:

- abbassamento del cono (UNI 9418);
- spandimento (UNI 8020 - metodo B);

#### Classi di consistenza mediante misura dell'abbassamento al cono

Classi di consistenza	Abbassamento mm	Denominazione corrente
S1	da 10 a 40	Umida
S2	da 50 a 90	Plastica
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

#### Classi di consistenza mediante misura dello spandimento

Classe di consistenza	Spandimento mm
FB1	≤ 340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	≥ 630

23. Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento.

24. La prima forma, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare.

25. La seconda forma, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione: essa tende a manifestarsi con miscele facili alla segregazione. In caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto.

26. La terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additate con superfluidificanti.

27. Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso ci si dovrà accertare del fenomeno, onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela.

28. Miscele molto asciutte possono avere un abbassamento nullo quindi, in un certo campo di consistenza, è possibile che non si registri alcuna differenziazione fra miscele pur dotate di diversa lavorabilità.

29. Le miscele a consistenza plastica-semifluida cadono nel campo di maggior sensibilità del metodo di abbassamento al cono.

30. In generale, data la selettività dei vari metodi di prova, si raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono: < 10 mm > 210 mm
- spandimento: < 340 mm > 620 mm

#### Acqua essudata

31. Il calcestruzzo non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122 ogni 1000 mc di calcestruzzo confezionato, dovrà essere minore o uguale allo 0.1% in volume.

## ART. 41 - DURABILITÀ E RESISTENZA DEI CALCESTRUZZI AGLI AGENTI ESTERNI

### Copriferro

1. Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, il copriferro nominale da prevedere, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, dovrà essere conforme a quanto indicato nel seguito.

2. Il riferimento è la classe di esposizione del calcestruzzo. Per le opere le cui classi di esposizione richiedono un calcestruzzo di resistenza caratteristica minima  $R_{ck} > 35$  MPa si richiede un copriferro minimo di 30 mm; per le opere le cui classi di esposizione richiedono un calcestruzzo di resistenza  $R_{ck} > 40$  MPa, lo spessore minimo dovrà essere di 40 mm

3. Per assicurare i valori minimi indicati nella successiva tabella, il Progettista dovrà adottare un copriferro nominale maggiore di almeno 5 mm del valore minimo prescritto.

**Valori di copriferro minimi in funzione delle classi di esposizione**

Ambiente	Classi di esposizione	Copriferro minimo (mm)
Secco	XO	15
Umido senza gelo	XC1-XC2	20
Debolmente aggressivo	XC3-XD1-XA1	30
Umido con gelo	XF1	
Marino senza gelo	XC4-XD2	
Moderatamente aggressivo	XS1-XA2	
Marino con gelo	XF2	
Umido con gelo e sali disgelanti	XF3	
Fortemente aggressivo	XD3 XS2 XS3-XF4-XA3	40

#### **Calcestruzzi resistenti ai cicli gelo-disgelo**

4. E' richiesto l'utilizzo di aggregati non gelivi (norma UNI 8520 parte 20).

5. Per migliorare la resistenza ai cicli gelo-disgelo l'impiego di additivi aeranti potrà essere autorizzato solamente se:

–gli additivi sono conformi alla Norma UNI 7103;

–l'immissione dell'aerante avviene contemporaneamente al caricamento di almeno il 50% dell'acqua aggiunta;

–l'impianto è dotato di predosatore d'acqua con capacità tale da contenere almeno il 50% dell'acqua di impasto nel quale disperdere l'aerante prima dell'immissione nel mescolatore o nell'autobetoniera.

6. Occorre evitare che la disomogenea distribuzione delle microbolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

7. La quantità percentuale d'aria totale, determinata sul calcestruzzo fresco prelevato dal getto dopo la vibrazione secondo UNI 6395 con le cadenze previste dalla norma UNI 9858, dovrà essere conforme ai valori di tabella.

**Aria totale nel calcestruzzo fresco**

Diametro massimo aggregato	Aria totale (%)
fino a 10 mm	$8.0 \pm 2.0$
Tra 10 e 20 mm	$6.0 \pm 2.0$
oltre 20 mm	$5.0 \pm 2.0$

8. Qualora prescritto dal Progettista i calcestruzzi esposti a cicli gelo-disgelo dovranno essere sottoposti alla prova di determinazione della resistenza a degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo UNI 7087: la riduzione del modulo elastico non dovrà risultare superiore al 20% del valore iniziale del campione di riferimento.

9. Se l'importanza dell'opera o le condizioni di esposizione lo giustificano, sono richieste prove di resistenza alla penetrazione, da eseguirsi in laboratorio con le modalità della Norma ISO 7031 su provini stagionati nelle stesse condizioni della struttura o su carote estratte dalla struttura al termine della stagionatura: la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione dovrà essere minore di 30 mm, ciascun valore dovrà essere minore di 50 mm

#### **Calcestruzzi esposti ad attacco chimico.**

10. Ai fini di valutare l'eventuale attacco chimico a cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, all'Appaltatore, di concerto con il Direttore dei Lavori, compete l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma ISO 9690.

11. Nel caso di ambiente chimicamente aggressivo il Progettista dovrà individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti, come indicato in appresso nella tabella.

### Classi di esposizione ambientale -Attacco chimico

	GRADO DI ATTACCO		
	XA1 (debole)	XA2 (moderato)	XA3 (forte)
Agente aggressivo nelle acque			
pH	6,5 5,5	5,5 4,5	4,5 4,0
CO <sub>2</sub> aggressiva mg/l	15 - 30	30 - 60	60-100
Ioni ammonio NH <sub>4</sub> + mg/l	15 - 30	30 - 60	60 100
Ioni magnesio Mg ++ mg/l	300-1000	1000-3000	> 3000
Ioni solfato SO <sub>4</sub> = mg/l	200 - 400	400 - 1500	1500 6000
Agente aggressivo nel terreno			
Ioni solfato SO <sub>4</sub> = mg/kg di terreno seccato all'aria	2000 - 6000	6000 - 12000	> 12000

12. Le misure preventive verranno concordate con il Progettista e il Direttore dei Lavori.

13. Dovrà essere rispettato quanto previsto nelle norme UNI 8981, UNI 9156 e UNI 9606 con eventuali prescrizioni integrative riguardanti le caratteristiche dei calcestruzzi e dei cementi da utilizzare (vedi le seguenti due tabelle).

### Calcestruzzi esposti ad attacco chimico

Caratteristiche	XA1	XA2	XA3
Resistenza a compressione cubica minima	35	40	45
Rapporto a/c massimo	0,55	0,50	0,45
Copriferro minimo (mm)	30	35	40

14. Nei calcestruzzi esposti ad attacco chimico la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione, determinata con le modalità previste nella norma ISO 7031 su carote prelevate dalla struttura, dovrà essere minore di 20 mm e ciascun valore dovrà essere minore di 40 mm

15. In relazione all'attacco chimico da parte dei solfati i cementi dovranno rispondere alle norme UNI 8981 e UNI 9156.

### Limiti di composizione nei cementi esposti ad attacco solfatico

Contenuto di	XA1	XA2/XA3
C <sub>3</sub> A	≤ 3%	≤ 1%
2C <sub>3</sub> A + C <sub>4</sub> F (in peso) *	< 25%	< 20%

(\*) La determinazione del contenuto di C<sub>g</sub> dovrà essere eseguita secondo le indicazioni della norma UNI 9607 o con analisi difrattometrica ai raggi X (QXRD)

16. Nei calcestruzzi esposti ad attacco solfatico inoltre:

a) - la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dovrà essere minore dello 0.6% in peso del contenuto di cemento; nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato all' 1%;

b) - la quantità totale di solfati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come SO<sub>3</sub>) dovrà essere minore dell'1% in peso del contenuto di cemento; la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo (espressa come SO<sub>3</sub>) dovrà essere minore del 3.5%.

17. Per quanto concerne le "reazioni alcali- aggregati" ove sia prevedibile che gli aggregati possano reagire con gli alcali contenuti negli altri costituenti il calcestruzzo, si dovranno adottare misure atte a prevenire o limitare tale reazione nei calcestruzzi, qualora le conseguenze del danno non siano accettabili e/o la struttura possa trovarsi esposta in ambienti tali da consentire frequentemente la saturazione del conglomerato.

18. Sulla base dei fattori di accettabilità e della classe di esposizione ambientale si dovranno adottare le seguenti forme di prevenzione:

–nel caso di calcestruzzo in classe esposizione ambientale X0 dovrà essere valutata caso per caso l'opportunità di impiegare l'aggregato a rischio.

–nel caso di calcestruzzo in classe di esposizione ambientale XC1, XC2 l'utilizzo di un aggregato reattivo o a rischio potrà essere autorizzato dal Direttore dei Lavori qualora l'Appaltatore dimostri di adottare uno o più dei seguenti provvedimenti:

–impiego di cementi a basso tenore di alcali: alcali efficaci, espressi come sodio equivalente Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> minori dello 0.6%;

–impiego di un cemento pozzolanico CEM IV con contenuto di pozzolana non minore del 30%;



- impiego di un cemento di altoforno CEM III con contenuto di loppa non minore del 50%;
- Impiego di fumo di silice condensato come aggiunta minerale alla miscela di calcestruzzo.

**19.** Altri provvedimenti, quali ad esempio l'aggiunta di ceneri volanti, potranno essere autorizzati dal Direttore dei Lavori solamente se giustificati dai risultati di una sperimentazione diretta.

**20.** In ogni caso se il contenuto di alcali nella miscela espressi come  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  tenendo conto del contributo di tutti i costituenti la miscela, non eccede il valore di 3.000 g/mc di calcestruzzo, analizzata l'accettabilità del rischio, potrà autorizzare l'impiego di tali aggregati; se il contenuto di alcali efficaci, pur eccedendo il limite indicato, sarà  $\leq 4.000$  g/mc di calcestruzzo, l'Appaltatore, al fine di poter utilizzare gli aggregati reattivi, dovrà dimostrare attraverso apposita sperimentazione concordata con il Direttore dei Lavori, l'assenza di un rischio non accettabile per la durabilità delle strutture.

**21.** Nel caso di classi di esposizione ambientale XF, XS, XD, XC, XA, l'aggregato reattivo o a rischio potrà essere utilizzato solamente se il contenuto di alcali efficaci nella miscela, espressi come sodio equivalente, non eccede il valore di 3000 g/m<sup>3</sup> di calcestruzzo. L'Appaltatore al fine di poter utilizzare gli aggregati reattivi, dovrà dimostrare attraverso una sperimentazione diretta, concordata con il Direttore dei Lavori, l'assenza di un rischio non accettabile per la durabilità delle strutture.

**22.** Il Direttore dei Lavori potrà far sottoporre l'aggregato ad intervalli non maggiori di 30 (trenta) giorni.

**23.** In tutti i casi di calcestruzzi soggetti a possibile reazione alcali-aggregato la profondità media del profilo di penetrazione dell'acqua sotto pressione, determinata con le modalità previste nella Norma ISO 7031 su carote prelevate dalla struttura, dovrà essere minore di 20 mm con valori massimi non maggiori di 40 mm

**24.** Infine, in merito a reazioni chimiche tra alcali ed aggregati (alcali-carbonati dolomitici), qualora sia possibile la presenza di dolomia reattiva nell'aggregato, dovrà essere eseguita la prova ultra - accelerata di espansione di prismi di malta secondo il metodo descritto nella Norma UNI 8520/22

## **ART. 42 - PRODUZIONE, TRASPORTO, POSA IN OPERA, PROTEZIONE E STAGIONATURA**

### **Impianto**

- 1.** I calcestruzzi dovranno essere confezionati in un impianto preventivamente qualificato dal Direttore dei Lavori.
- 2.** La capacità dell'impianto dovrà essere commisurata alle produzioni previste dal Programma dei Lavori. L'impianto dovrà, essere dotato di sistema di dosaggio automatico dei costituenti e di tutti gli strumenti e attrezzature idonee a garantire un costante controllo dei dosaggi secondo quanto previsto al paragrafo 9 della Norma UNI 9858.
- 3.** La miscelazione dei costituenti potrà avvenire o direttamente in impianto, se dotato di premescolatore, o in autobetoniera.

### **Cemento**

**4.** Non è permesso mescolare fra loro cementi di diversa classe, tipo e provenienza; per ciascuna struttura dovrà essere impiegato cemento di un unico tipo e dello stesso fornitore. Il cemento:

- se sfuso, dovrà essere conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ciascun silos dovrà contenere un cemento di un unico tipo, unica classe e unico produttore e sarà chiaramente identificato da appositi contrassegni;
- se in sacchi, dovrà essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto in ambiente chiuso: i sacchi di cemento di diverso tipo e/o classe verranno conservati separatamente e chiaramente identificati.

### **Aggregati**

**5.** Tutti gli aggregati dovranno essere esenti da, materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie; a discrezione del Direttore dei Lavori, tutti gli aggregati dovranno essere tassativamente e accuratamente lavati.

**6.** Gli aggregati dovranno essere staccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di deposito dovrà essere di capacità adeguata e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti nel caso di possibile contaminazione.

**7.** Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi staccati.

### **Pesatura e mescolamento**

- 8.** Il cemento, l'acqua, le aggiunte e gli additivi dovranno essere dosati con dispositivi separati.
- 9.** Gli aggregati dovranno essere dosati per pesate singole o cumulative di almeno tre classi. Il cemento dovrà essere pesato con una bilancia indipendente, più sensibile di quella per gli aggregati. Il cemento, l'acqua, gli aggregati e gli eventuali additivi dovranno essere dosati con la precisione prevista nel prospetto XI della Norma 9858.
- 10.** Il tenore di umidità degli aggregati dovrà essere controllato almeno una volta al giorno mediante asciugatura, anche al fine dei controlli di taratura delle apparecchiature di registrazione dell'umidità in automatico.
- 11.** Le tramogge contenenti le sabbie dovranno essere dotate di strumenti idonei a misurarne l'umidità all'inizio di ciascuna

pesata, in modo da regolare automaticamente il dosaggio dell'acqua aggiunta.

**12.** L'impianto dovrà essere periodicamente tarato per controllare l'accuratezza di ogni misura in tutto il campo di valori consentito da ogni strumento. Dovrà essere predisposto un programma di controlli eseguito da personale qualificato: le bilance dovranno essere revisionate periodicamente, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno secondo una procedura preventivamente approvata dal Direttore dei Lavori.

**13.** L'impianto dovrà essere costruito in modo tale che i costituenti di un nuovo impasto non possano essere pesati finché non è stata ultimata la pesata e lo scarico dei costituenti 10.2 dell'impasto precedente.

**14.** L'operatore dell'impianto dovrà disporre, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di tabelle riportanti le pesate cumulative dei singoli costituenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione dell'umidità, media delle sabbie.

**15.** Il carico dei costituenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga caricata prima del cemento e degli altri aggregati;

**16.** La seconda parte dell'acqua dovrà essere sempre aggiunta alla fine del carico.

**17.** Gli impasti dovranno rispondere ai requisiti di omogeneità previsti ai successivi capitoli.

**18.** A tal fine dovranno essere determinati la durata e la velocità di mescolamento per i diversi tipi di mescolatore.

**19.** Al momento del getto la lavorabilità prevista potrà essere ottenuta introducendo nell'impasto una programmata quantità di additivi fluidificanti o superfluidificanti o di acqua solo nei limiti previsti dal produttore e comunque senza mai superare il rapporto acqua/cemento caratteristico di ciascuna miscela: il nominativo del responsabile della decisione, il tipo e la quantità dell'aggiunta dovranno essere riportati sul documento di consegna.

**20.** Nel luogo di produzione e in cantiere dovranno essere installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura dell'aria giornaliera.

#### **Trasporto e scarico**

**21.** Il trasporto del calcestruzzo dal luogo del confezionamento a quello d'impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi e attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari costituenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso. In nessun caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto e la fine dello scarico dovrà essere maggiore di 90 minuti.

**22.** Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione dell'efficacia della mescolatura dovuta sia ad accumulo di calcestruzzo indurito o di legante che per l'usura delle lame. Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da una bolla sulla quale siano indicati:

- la data e le ore di partenza dall'impianto, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di resistenza caratteristica;
- il numero di ricetta utilizzata per il confezionamento;
- il tipo, la classe e il dosaggio di cemento;
- il rapporto a/c teorico ed effettivo;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi trasportati;
- i pesi dei singoli componenti, comprese le fibre metalliche quando presenti;
- la struttura cui è destinato, dichiarata dall'Appaltatore.

**23.** Il personale dell'Appaltatore dovrà esibire dette bolle agli incaricati del Direttore dei Lavori.

**24.** Per lo scarico è ammesso l'uso di scivoli soltanto se risulta garantita l'omogeneità dell'impasto in opera. Le benne a scarico di fondo ed i nastri trasportatori dovranno essere eventualmente autorizzati in funzione della distanza di scarico.

**25.** L'omogeneità e la consistenza dell'impasto dovranno essere controllate contestualmente a ogni prelievo di materiale per le prove di resistenza, di massa volumica e del rapporto a/c. Tutte le prove dovranno essere eseguite sullo stesso materiale di prelievo.

**26.** Se il calcestruzzo viene pompato, la consistenza dovrà essere misurata prima dell'immissione del materiale nella pompa.

#### **Operazioni di getto in opera**

**27.** L'Appaltatore è tenuto a presentare ogni giorno al Direttore dei Lavori il programma dei getti del giorno successivo indicando:

- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza del calcestruzzo;

- i mc di calcestruzzo previsti;
- i relativi impianti di confezionamento.
- i getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:
- preparazione e rettifica dei piani di posa;
- pulizia delle casseforme;
- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- posizione delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione;
- posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.).

**28.** Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

**29.** I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive.

**30.** In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento: in tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere al loro ripristino.

**31.** Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite, lavate con acqua o aria in pressione e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo.

**32.** Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione; L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà mai essere maggiore di 100 cm Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali, di spessore misurato dopo la vibrazione comunque non maggiore di 50 cm

**33.** Il calcestruzzo dovrà essere posto in opera e compattato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze. I vespai eventualmente formatisi durante la posa in opera dovranno essere dispersi prima della vibrazione del calcestruzzo.

**34.** A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere compattato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione dovranno penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore. E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

**35.** Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti.

**36.** Per getti in pendenza dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

**37.** Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua l'appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione; inoltre dovrà provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, adottare per l'esecuzione dei getti miscele con caratteristiche idrorepellenti preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori.

#### **Riprese di getto**

**38.** Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali.

**39.** Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e conseguentemente l'omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione.

**40.** Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua.

**41.** Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con idonei accorgimenti, da indicare nel progetto e preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

#### **Getti in clima freddo**

**42.** Il clima si definisce freddo quando la temperatura dell'aria è minore di 5°C: in tal caso valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4a.

**43.** La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di 5°C a meno che l'impianto di betonaggio non sia dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli aggregati o dell'acqua tale da garantire che la temperatura dell'impasto, al momento del getto, sia maggiore di 10°C; prima del getto è necessario assicurarsi che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo siano ad una temperatura di pochi gradi sopra lo zero.

**44.** La neve e il ghiaccio dovranno essere rimossi, dai casseri, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto. Tali limitazioni non si applicano nel caso di getti in ambiente protetto.

**45.** I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura dell'aria scende al di sotto di - 10°C

#### Getti in clima caldo

**46.** Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 35°C all'ombra, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 30°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi.

**47.** Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente.

**48.** Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

#### Stagionatura protetta

**49.** È l'insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente, privo di fessure e durevole. Con un adeguato periodo di stagionatura protetta, iniziato immediatamente dopo aver concluso le operazioni di posa in opera, il calcestruzzo potrà raggiungere le sue proprietà potenziali nella massa e in particolare nella zona superficiale.

**50.** La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

–l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre per evitare che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione. Nei manufatti a sviluppo orizzontale, in particolare lastre e pavimentazioni, la perdita d'umidità nella fase in cui l'impasto è ancora plastico può dar luogo alla fessurazione da ritiro plastico. In generale, impedendo l'essiccazione superficiale (stagionatura protetta) e ottenendo di conseguenza un manufatto dotato di un copriferro pressoché impermeabile e privo di fessure, si garantisce anche il raggiungimento della resistenza meccanica desiderata per il calcestruzzo:

–il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;

–che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

**51.** Nella tabella seguente sono riportati i tempi minimi di stagionatura, in giorni, per strutture esposte nelle classi di esposizione X0, XC e XA1.

**Durata minima in giorni della stagionatura protetta**

Sviluppo della resistenza del calcestruzzo	Rapido			Medio			Lento		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Temperatura del calcestruzzo (°C)									
Condizioni ambientali durante la stagionatura									
I) Non esposto ad insolazione diretta; $U_R$ dell'aria circostante $\geq 80\%$	2	2	1	3	3	2	3	3	2
II) Insolazione diretta media o vento di media velocità o $U_R > 50\%$	4	3	2	6	4	3	8	5	4
III) Insolazione intensa o vento di forte velocità o $U_R < 50\%$	4	3	2	8	6	5	10	8	5

**52.** Per condizioni di esposizione ambientale più gravose, le durate di stagionatura dovranno essere aumentate per essere sicuri che il copriferro sia diventato pressoché impervio alla penetrazione delle sostanze contenute nell'ambiente di esposizione.

**53.** La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo può essere valutata come nella tabella in appresso. I dati riportati sono relativi a cementi Portland 42.5R e 32.5R.

#### **Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo**

<b>Velocità di sviluppo della resistenza</b>	<b>A/C</b>	<b>Classe di resistenza del cemento</b>
Rapida	< 0.5	42.5 R
Media	0.5-0.6	42.5 R
	< 0.5	32.5R 42.5
Lenta	In tutti gli altri casi	

**54.** Le indicazioni sopra riportate relative alle condizioni di stagionatura per conseguire una adeguata impermeabilità dello strato superficiale non prendono in considerazione gli aspetti della sicurezza strutturale in relazione ai quali può essere stabilito un tempo minimo per raggiungere la resistenza voluta alla rimozione dei casseri.

**55.** I metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire per il calcestruzzo indurito:

- la prescritta resistenza e durabilità;
- la massima limitazione della formazione di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

**56.** I metodi di stagionatura proposti dal Progettista dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei Lavori che potrà richiedere delle verifiche sperimentali con le modalità di seguito descritte.

**57.** Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell'aria con valori minori di 5°C o maggiori di 35°C, l'Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ad eventualmente teli isolanti.

**58.** I materiali coibenti di più comune utilizzo sono:

- fogli di polistirolo o poliuretano espansi, tagliati opportunamente e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretaniche spruzzate sull'esterno della cassaforma.

**59.** Per un più efficace utilizzo tali materiali dovranno essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili.

**60.** Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 48 ore dopo il getto mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi. Per le solette è preferibile utilizzare i prodotti filmogeni citati o eseguire la bagnatura continuamente rinnovata. Qualora il prodotto filmogeno venga applicato su una superficie di ripresa, prima di eseguire il successivo getto si dovrà procedere a ravvivare la superficie.

**61.** Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal Progettista.

**62.** Anche se non è possibile stabilire esatti limiti per le differenze di temperatura che sono accettabili nelle sezioni trasversali in fase di indurimento, poiché esse dipendono non solo dalla composizione dell'impasto e dalle caratteristiche di sviluppo della resistenza, ma anche dalla forma geometrica dell'elemento strutturale e dalla velocità con la quale il manufatto, dopo la rimozione dei casseri, raggiunge l'equilibrio termico con l'ambiente, dovranno essere rispettati i limiti seguenti per limitare le tensioni di origine termica:

- una differenza massima di 20°C sulla sezione durante il raffreddamento dopo la rimozione dei casseri;
- una differenza massima di 10-15°C attraverso i giunti di costruzione e per strutture con sezioni di dimensioni molto variabili.

**63.** Al fine di evitare congelamenti superficiali o totali di strutture sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive, il Progettista dovrà quantificare in sede progettuale il bilancio termico complessivo durante la fase di indurimento, in funzione del calore di idratazione e della temperatura esterna.

**64.** Durante il periodo di stagionatura protetta si dovrà evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

#### **Accelerazione dei tempi di stagionatura**

**65.** Di norma per i calcestruzzi gettati in opera viene esclusa l'accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici.

**66.** La maturazione accelerata dei calcestruzzi con trattamento termico sarà permessa solo qualora siano state condotte indagini sperimentali sul tipo di trattamento termico che si intende adottare. In particolare: si dovrà controllare che a un aumento delle resistenze iniziali corrisponda una resistenza a 28 giorni non minore del 95% di quella che si otterrebbe con

maturazione in condizioni standard (20°C e 100% di Ur).

**67.** Dovranno, inoltre, essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non dovrà essere minore di tre ore (in genere dalle 4 alle 5 ore);
- i gradienti termici di riscaldamento è quello di raffreddamento non dovranno superare il valore di 15/20 °C/ora e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
- la temperatura massima del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non dovrà superare 60°C;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del calcestruzzo e quella dell'ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare 10°C;
- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura dovrà avvenire utilizzando un'apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;
- la procedura di cui al punto e) dovrà essere rispettata anche per i calcestruzzi gettati in opera e maturati a vapore.

**68.** In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termoigrometriche della struttura, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6127.

#### **Ripristini e stuccature**

**69.** Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento.

### **ART. 43 - CONTROLLI DI CONFORMITÀ**

#### **Generalità**

- 1.** Nella presente sezione vengono definiti i controlli da eseguire sul calcestruzzo e sui suoi costituenti.
- 2.** Gli impianti di produzione, esterni o interni al cantiere, qualora non siano in possesso di certificazione di Sistema Qualità conforme alle normative UNI EN ISO 9002, rilasciata da un Ente esterno accreditato, dovranno essere prequalificati dalla Stazione Appaltante prima di iniziare la produzione.
- 3.** Per l'ottenimento della pre-qualifica sarà necessaria:
  - la verifica preliminare della documentazione;
  - la verifica presso l'impianto di produzione.

#### **Documentazione del sistema organizzativo e di controllo**

**4.** La documentazione dovrà fornire una descrizione del sistema organizzativo di controllo, con riferimento a:

- a)** - struttura operativa, responsabilità, procedure e risorse utilizzate;
- b)** - conduzione dei controlli di produzione, valutati e documentati con continuità.

**5.** In particolare nella descrizione del sistema organizzativo dovrà essere indicato:

- il responsabile della produzione e dei controlli;
- lo schema generale del sistema di controllo;
- le dotazioni strumentali e di laboratorio utilizzate;
- il catalogo dei libri di registrazioni dei dati rilevati;
- il sistema di archiviazione dei certificati ufficiali e dei rapporti operativi interni.

**6.** Nella descrizione dei controlli di produzione dovrà essere indicato:

- il piano dei 'controlli ispettivi interni:
- la conformità dei controlli effettuati rispetto alla pianificazione prestabilita;
- la corretta tenuta dei registri con la tempestiva registrazione dei dati rilevati;
- la valutazione sull'esito dei controlli anche in base alle visite ispettive interne;
- la verifica delle azioni correttive eventualmente intraprese nel caso di Non Conformità dei **controlli**;

#### **Verifica presso l'impianto di produzione**

**7.** Dovranno essere verificate in particolare:

- a)** - le attrezzature da impiegare nella produzione quali sistemi di dosaggio, mescolazione e carico, aree di produzione e stoccaggio, modalità di produzione e trasporto;
- b)** - il laboratorio per le prove sui materiali;
- c)** - le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.
- d)** - Sulla base della documentazione di cui sopra, di ulteriori informazioni eventualmente richieste e dell'esito della visita verrà riconosciuta l'idoneità dell'impianto alla produzione.

**e)** - La Direzione Lavori potrà rifiutare o sospendere la fornitura del calcestruzzo in caso di esito negativo delle suddette verifiche.

### **Definizioni**

**a)** - Studi preliminari di pre-qualifica

Prove, studi, certificazioni e valutazioni da eseguire, prima della qualifica all'impianto, per l'approvazione da parte del Direttore dei Lavori del "Progetto della miscela di calcestruzzo"

**b)** - Qualifica all'impianto

Verifica delle miscele prequalificate effettuata presso l'impianto di confezionamento che verrà utilizzato in corso d'opera per la produzione dei calcestruzzi

**c)** - Controlli di conformità in corso d'opera

**8.** Controlli da eseguire per verificare la conformità del calcestruzzo e dei suoi singoli costituenti ai requisiti del progetto e della miscela qualificata;

**9.** Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione", relativi alle resistenze meccaniche, specificati dalle Norme Tecniche attuative della Legge n.1086

**10.** L'Appaltatore dovrà disporre di almeno un Laboratorio (in cantiere, all'impianto di confezionamento o nelle immediate vicinanze) idoneo all'esecuzione di tutte, le prove di qualifica e conformità del calcestruzzo fresco ed indurito e dei materiali costituenti ad eccezione delle determinazioni chimiche, delle prove di permeabilità (profilo di penetrazione dell'acqua in pressione o coefficiente k) nonché di resistenza meccanica per le quali i campioni e i provini dovranno essere inviati a un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato.

**11.** Presso il laboratorio responsabile delle prove di qualifica dovranno essere disponibili le seguenti apparecchiature:

- Forno per essicare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 Kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato;
- Cono di Abrams o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;
- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Camera o vasca di stagionatura dei provini di calcestruzzo.

**12.** L'Appaltatore dovrà inoltre essere in grado di garantire la disponibilità, con preavviso di due giorni, delle seguenti apparecchiature:

**a)** - Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, dotata di almeno sei termocoppie:

- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Carotatrice idonea al recupero di carote con diametro fino a 100 mm

### **Studi preliminari di pre-qualifica all'impianto**

**13.** Almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti, L'Appaltatore dovrà presentare per l'approvazione gli studi di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo previste negli elaborati progettuali.

**14.** La documentazione dovrà attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

**15.** In particolare nella relazione di qualifica dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nei precedenti capitoli;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- 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 secondo le Norme UNI 9418 o UNI 8020;
- 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 getto e di maturazione.

**16.** Potranno inoltre essere richiesti:

- curve della massa volumica del calcestruzzo fresco in funzione di a/c (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- curve di resistenza in funzione dei valori di consistenza e del rapporto a/c nel caso di miscele con classe di consistenza minore di S4 (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del calcestruzzo (cicli gelo-disgelo, resistenza all'attacco chimico, ecc.).

#### Qualifica all'impianto

**17.** Il Direttore dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solamente dopo l'approvazione della documentazione e l'effettuazione, in contraddittorio con l'Appaltatore, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascun tipo e classe di calcestruzzo.

**18.** La qualifica si intenderà superata quando:

**a)** - il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini) sia:

- per  $R_{ck} < 30 \text{ N/mm}^2$   $R_m \geq 1,25 R_{ck}$
- per  $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$   $R_m \geq 1,20 R_{ck}$
- per  $R_{ck} > 40 \text{ N/mm}^2$   $R_m \geq 1,15 R_{ck}$
- con valore minimo di ogni singolo provino  $R_i > R_{ck}$ ;

**b)** - il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza, dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di  $\pm 20 \text{ mm}$  su detti limiti:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a  $20^\circ\text{C}$ ;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a  $35^\circ\text{C}$ .

**c)** - venga verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette  $p_1$ , e  $p_2$  le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$-(p_1 - p_2) \leq 0.15 ((p_1 - p_2) / 2)$$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm

**d)** - il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393, non si discosti di  $\pm 0.03$  da quello dichiarato nella prequalifica;

**e)** - il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 98% del teorico.

Se le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2, 7 e 28 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non si discostano di  $\pm 15\%$  dalle resistenze indicate nella relazione di pre-qualifica, queste verranno assunte a riferimento per i primi 50 prelievi; in caso contrario l'impasto di prova all'impianto dovrà essere ripetuto e i valori delle resistenze da assumere a riferimento per i primi 50 prelievi verranno determinate adottando, per ciascuna età di maturazione, la media delle resistenze a 2, 7 e 28 giorni dei due impasti di prova.

**19.** Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'Appaltatore.

**20.** L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte del Direttore dei Lavori non libera in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

**21.** I materiali costituenti gli impasti di prova dovranno essere sottoposti ai controlli descritti in precedenza e comunque di seguito riassunti:

**a)** - per il cemento:

- prove previste dalla Legge 595/65 e dal D.M 13/9/1993, nonché prove chimiche e diffrattometriche come previsto nelle presenti prescrizioni.

**b)** - per le sabbie:

- modulo di finezza;
- passante a 0,075 mm;



- contenuto di argilla, di particelle leggere e vegetali;
- contenuto di solfati e di cloruri solubili;
- contenuto di sostanze organiche;
- equivalente in sabbia e valore di blu;
- curva granulometrica.

**c) - per gli aggregati grossi:**

- esame petrografico;
- passante a 0,075 mm;
- contenuto di argilla, di particelle leggere e vegetali;
- degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche;
- contenuto di solfati e di cloruri solubili;
- massa volumica e assorbimento;
- coefficiente di forma ed appiattimento;
- perdita di massa per urto e rotolamento;
- resistenza ai cicli di gelo/disgelo;
- potenziale reattività in presenza di alcali;
- curva granulometrica.

**d) - per l'acqua di impasto:**

- contenuto di solfati e cloruri;
- contenuto di acido solfidrico;
- contenuto totale di sali minerali;
- contenuto di sostanze organiche;
- contenuto di sostanze solide sospese.

**e) - per il calcestruzzo fresco:**

- rapporto acqua/cemento;
- classe di consistenza;
- determinazione acqua essudata;
- dosaggio del cemento;
- contenuto totale calcolato di cloruri;
- massa volumica;
- omogeneità;
- percentuale di aria occlusa.

**f) - per il calcestruzzo indurito:**

- determinazione della resistenza caratteristica a compressione;
- massa volumica;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la Norma ISO 7031
- determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI 7087 o in alternativa ISO/DIS 4846;
- determinazione della resistenza all'attacco solfatico: per calcestruzzi esposti a tale attacco, poiché non è disponibile una normativa italiana, si dovrà adottare la metodologia prevista dalla "Guideline on shotcrete - Part 2" e della Australian Concrete Society.

**22.** La qualificazione delle miscele potrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

**Controlli di conformità in corso d'opera**

**23.** Il Direttore dei Lavori eseguirà controlli di conformità periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica secondo quanto specificato al paragrafo precedente.

**24.** Per i prelievi di campioni di calcestruzzo fresco si dovrà fare riferimento alla Norma UNI 9416 e considerare quali campioni da destinare alle prove i "campioni compositi" come definiti dalla suddetta norma.

**25.** Per quanto riguarda le resistenze meccaniche il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato nelle Norme Tecniche applicative della Legge n° 1086.

**26.** Ai fini del controllo di conformità, la differenza tra la resistenza a compressione media di riferimento a 28 giorni della più recente qualifica all'impianto (resistenza media di qualifica o, dopo i primi 50 prelievi relativi allo stesso tipo di calcestruzzo, media delle resistenze a 28 giorni degli ultimi 50 prelievi) e la media mobile misurata su serie separate di 15 prelievi in corso d'opera non dovrà essere maggiore dei seguenti limiti:

- Rck < 30 N/mm<sup>2</sup>                      scostamento % sulla media di 15 prelievi  $\pm$  15%
- Rck  $\geq$  30 N/mm<sup>2</sup>                      scostamento % sulla media di 15 prelievi  $\pm$  10%

**27.** Al fine di rispettare le tolleranze sopraindicate l'Appaltatore potrà apportare eventuali aggiustamenti alla miscela approvata, comunicandoli preventivamente per approvazione al Direttore dei Lavori.

**28.** Il mancato rispetto di quanto sopra, sia per quanto riguarda le caratteristiche dei costituenti o della miscela fresca che per i controlli di conformità, comporterà l'apertura di un rapporto di Non Conformità.

**29.** L'opera o la parte di opera per la quale è stato redatto il rapporto di Non Conformità non potrà essere contabilizzata finché la Non Conformità non sarà stata definitivamente rimossa e accettata dal Direttore dei Lavori.

**30.** La chiusura delle Non Conformità dovrà essere attuata dall'Appaltatore dandone comunicazione al Direttore dei Lavori.

**31.** Il controllo di conformità basato sui criteri e sui valori di cui sopra, risulta generalmente più restrittivo del controllo di conformità previsto nell'allegato 6 del decreto di attuazione della legge n. 1086. Se la resistenza caratteristica del calcestruzzo, in base al controllo di conformità di cui all'Allegato 8 del decreto citato, non risulterà conforme a quanto previsto nei calcoli statici, nei disegni e nelle presenti prescrizioni, dunque tali da non assicurare i livelli prestazionali richiesti, verrà emesso un rapporto di Non Conformità.

**32.** Sul calcestruzzo indurito il Direttore dei Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli integrativi mediante prelievo di carote e/o altri metodi non distruttivi quali prove sclerometriche, ultrasuoni, misure di resistività ecc., a totale carico dell'Appaltatore.

**33.** In relazione ai risultati dei controlli integrativi l'Appaltatore dovrà demolire e ricostruire totalmente l'opera, oppure eseguire lavori di adeguamento, proposti dallo stesso Appaltatore e preventivamente approvati dal Progettista e resi noti al Direttore dei Lavori; in tal caso verranno applicate le detrazioni o penali previste nel contratto.

**34.** L'Appaltatore dovrà tenere a disposizione della D.L. una copia completa delle documentazioni relative alle opere soggette a collaudo, e precisamente:

- Certificati di prove sui materiali, sia in stabilimento di produzione che in cantiere;
- Verbal di prove eseguite in cantiere e/o presso i fornitori;
- Copia dei disegni aggiornati con eventuali modifiche apportate in corso d'opera;
- Verbal e/o registri prove di laboratorio sui provini in cemento armato, sui provini in acciaio, sugli inerti e sui cementi;
- Registri dei getti;
- Giornale dei lavori.

#### **Controlli di conformità della resistenza a compressione su carote**

**35.** Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto con le modalità specificate nei decreti applicativi della Legge 1086, non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela ovvero ai valori di riferimento definiti con le modalità descritte precedentemente, si dovrà procedere al prelievo del calcestruzzo indurito direttamente dalla struttura in opera.

**36.** Il prelievo, da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi. Il criterio, di seguito esposto per la valutazione dei risultati ha validità solo nel caso in cui:

- l'estrazione e la prova venga effettuata non, oltre due mesi dalla posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione venga effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non contengano al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, in caso contrario il provino dovrà essere scartato.

**37.** La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero (n) di provini estratti dalla porzione di struttura in esame.

**38.** Il diametro delle carote dovrà essere compreso tra 100 e 150 mm e comunque maggiore di 3 volte la dimensione massima dell'aggregato.

**39.** L'altezza dei provini cilindrici ricavati dalle carote dovrà essere compresa tra 1 e 1,2 volte il diametro della carota stessa e definisce il rapporto  $l \leq h/d$ .

**40.** Per ogni lotto di 100 m<sup>3</sup> di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini (n) non dovrà risultare minore di quattro.

**41.** Le carote una volta estratte, e i provini successivamente ricavati da esse, dovranno essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si dovrà evitare ogni essiccazione della superficie.

**42.** Le prove di compressione sulle carote dovranno essere eseguite esclusivamente presso.

43. Laboratori Ufficiali o Autorizzati alla presenza del Direttore dei Lavori.

44. I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura del Direttore dei Lavori.

45. Detta fl la resistenza a compressione determinata sul provino (N/mmq) secondo le modalità di prova previste nella Norma UNI 6132, si potrà stimare la resistenza cubica, relativa ( $R_i$ ) mediante le seguenti formule valide rispettivamente per carotaggi eseguiti perpendicolarmente e parallelamente alla direzione di getto:

$$R_i = 2,5 fl / (1,5 + 1/l) \quad \text{e} \quad R_i = 2,3 fl / (1,5 + 1/l)$$

46. Per tenere conto dell'effetto di disturbo indotto nel calcestruzzo a seguito delle operazioni di estrazione e preparazione del provino, tale resistenza potrà essere incrementata, a mezzo di un coefficiente K, fino al 20%, qualora il provino stesso sia stato provato entro 2 mesi dal getto, ovvero fino al 10% se la prova avrà avuto luogo entro 4 mesi dal getto.

47. Poiché nel caso di una singola prova l'attendibilità dei risultati al 95 % dell'intervallo di confidenza risulta pari a  $\pm 12\%$ , nel caso di n provini il limite di confidenza del 95% della stima della resistenza risulterà pari a:

%  
Si potrà  $\pm 12 / \sqrt{n}$  valutare quindi la resistenza cubica media stimata  $R_{stim}$  mediante la:

$R_{stim} =$   
dove:



$R_{stim}$  = resistenza stimata del lotto di calcestruzzo indagato

n = numero dei provini relativi al lotto di calcestruzzo indagato;

$R_i$  = resistenza cubica relativa del singolo provino prelevato;

K = coefficiente di disturbo.

La resistenza caratteristica del lotto in esame verrà valutata con la relazione:

$$R_{ck} = R_{stim} - 3,5 \text{ (N/mmq)}$$

48. Ai fini del controllo di accettazione di cui all'Allegato 2 del D.M 9/1/1996 la resistenza stimata è considerata equivalente alla resistenza di prelievo  $R_i$ .

#### **ART. 44 - CASSEFORME, FINITURA DEL CALCESTRUZZO E ARMATURE**

##### **Generalità**

1. La superficie esterna dei getti in calcestruzzo dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza, sia ai fini della durabilità che dell'aspetto estetico dell'opera.

##### **Progetto e costruzione**

2. Per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia le parti costituenti i casseri dovranno risultare a perfetta tenuta.

3. Nel caso di cassetatura a perdere inglobata nell'opera si dovrà verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa per l'estetica o la durabilità se è elemento accessorio.

##### **Pulizia e trattamento**

4. I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano comunque pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo indurito.

5. Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie a vista del calcestruzzo. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

6. Se sono impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata; la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

7. Qualora sia prevista la realizzazione di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego di disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore del calcestruzzo.

##### **Giunti e riprese di getto**

8. I giunti tra gli elementi di cassaforma dovranno essere realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature. Se prescritto nel progetto tali giunti dovranno essere evidenziati.

9. Le riprese del getto sulla faccia a vista dovranno essere realizzate secondo linee rette e qualora previsto nel progetto, dovranno essere marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm

##### **Sistemi di fissaggio e distanziatori delle armature**

**10.** I dispositivi che mantengono in posizione i casseri, quando attraversano il calcestruzzo, non dovranno risultare dannosi a quest'ultimo.

**11.** Gli elementi dei casseri saranno fissati nella posizione prevista unicamente mediante fili metallici liberi di scorrere entro tubi di pvc stabilizzato o simili, che dovranno rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo e siglati in entrambe le estremità con tappi a tenuta.

**12.** Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare l'adozione di altri sistemi di fissaggio dei casseri, se proposti dal Progettista, prescrivendo le cautele da adottare a totale carico dell'Appaltatore. E' vietato l'utilizzo di fili o fascette di acciaio inglobati nel getto.

**13.** E' vietato l'impiego di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi distanziatori non deformabili in plastica, ma ovunque possibile dovranno essere usati quelli in malta o pasta cementizia. La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma dovrà essere la più piccola possibile e tale da garantire il copriferro previsto nel progetto.

#### **Disarmo**

**14.** Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le resistenze indicate dal Progettista.

**15.** Della Norma UNI 9858 nonché nei decreti attuativi della Legge n. 1086.

**16.** Eventuali irregolarità o sbavature di calcestruzzo o pasta cementizia, dovute anche a modeste perdite dai giunti dei casseri, qualora ritenute non tollerabili dal Direttore dei Lavori, dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti difettosi dovranno essere ripristinati, immediatamente dopo il controllo del Direttore dei Lavori, con malta cementizia a ritiro compensato mantenuta protetta per almeno 48 ore.

**17.** Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 10 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente siglati con malta fine di cemento ad alta adesione.

#### **Controllo del colore**

**18.** Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe, la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

**19.** Le opere o i costituenti delle opere a facciavista che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lenne uniforme.

**20.** Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'Appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.

**21.** Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse.

**22.** Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

**23.** Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

**24.** Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

### **ART. 45 - ACCIAIO DI ARMATURA PER C.A. E C.A.P.**

#### **Approvvigionamento dell'acciaio in barre**

**1.** L'Appaltatore dovrà documentare la provenienza, il tipo e la classe di ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro.

**2.** Per partita si intende il quantitativo di materiale che, pervenendo da un unico stabilimento nel periodo massimo di una settimana, potrà essere considerato come unica fornitura omogenea sia per titolo che per caratteristiche fisico-meccaniche.

#### **Controllo del peso e della sezione**

**3.** Per il controllo del peso effettivo da ogni partita dovranno essere prelevati dei campioni di barre. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086 il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

**4.** Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze previste

nel D.M attuativo della Legge n° 1086, dovranno essere aggiunte (modificando i disegni di progetto e informando il Direttore dei Lavori) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

#### **Controllo di qualità**

**5.** Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle norme in vigore (D.M 9/1/96, par. 2.2.8.2. e 2.2.8.3.) che certifichi gli avvenuti controlli (esistenza del Marchio depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici) e consentire al Direttore dei Lavori di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento.

**6.** Tutte le forniture di acciaio dovranno essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio Ufficiale, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto al punto 2.2.9. del D.M 9/1/96.

**7.** Durante i lavori dovranno essere prelevati, per essere inviati a Laboratori Ufficiali o Autorizzati, non meno di tre campioni per ciascun diametro utilizzato, ogni 1000 barre o, partita se di minore entità, della lunghezza rispettivamente di:

- 1,20 m per diametro delle barre inferiore o uguale a 10 mm;
- 150 m per diametro delle barre compreso tra 12 e 18 mm;
- 1,80 m per diametro delle barre superiore o uguale a 20 mm

**8.** In caso di risultato sfavorevole delle prove di resistenza e duttilità, previste per legge, il complesso delle barre al quale si riferisce il campione dovrà essere accantonato e identificato in attesa dei risultati delle ulteriori verifiche.

**9.** Rimane comunque salva la facoltà del Direttore dei Lavori di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

#### **Giunzioni e saldature**

**10.** Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con manicotti filettati, con saldature o con sovrapposizioni nel rispetto della normativa vigente.

**11.** Nel caso di impiego di manicotti, l'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente al Direttore dei Lavori le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

**12.** L'impiego di saldature, anche per la semplice realizzazione delle gabbie di armatura, potrà essere consentito, soltanto per acciai dichiarati saldabili, dopo accertamento delle caratteristiche degli acciai impiegati e dei materiali di apporto come indicato al punto 2.2.6. del D.M 09/01/96 (contenuto in Ceq minore del 0.52%, spessore, etc.).

**13.** Le modalità di saldatura adottate dovranno essere conformi alle qualifiche dei procedimenti messi a punto dall'Appaltatore e verificate dall'Istituto Italiano Saldature (I.I.S.). Tali modalità, nonché la documentazione relativa ai saldatori abilitati che si prevede di impiegare, dovranno essere comunicate preventivamente al Direttore dei Lavori.

**14.** Nel corso dei lavori il Direttore dei Lavori, per giustificati motivi, potrà comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

#### **Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.**

**15.** Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

**16.** Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile.

**17.** La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare i copriferri di "progetto".

**18.** L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.