



ALLEGATO N. 7/b-1

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Parte Seconda

NORME TECNICHE

SOVRASTRUTTURE STRADALI

Revisione:	Data:	Descrizione:	Redatto:	Verificato:	Approvato:
05	23.12.2010	emissione	Area Tecnica Esercizio	Responsabile della Manutenzione	Dirigente Area Pianificazione Strategica - Tecnica Esercizio

Società soggetta alla attività di direzione e coordinamento dell'unico socio Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
 CAPITALE SOCIALE € 10.300.000,00 i.v. - Cod. Fisc. e Partita I.V.A. 01133800324
 Iscritta al Registro delle Imprese di Trieste - REA 127257
 CENTRALINO UNICO 040 5604 200
 SEDE: Via Mazzini, 22 - 34121 Trieste - Tel. 040 5604200 - Fax 040 5604281
 SEDE OPERATIVA: Via della Rosta, 32/B - 33100 Udine - Tel. 040 5604300 - Fax 0432 502356
 Centro di Manutenzione di Pordenone: Corso Italia, 28 - 33080 Porcia (PN) - Tel. 040 5604400 - Fax 0434 921899



1	<u>GENERALITA'</u>	<u>4</u>
1.1	DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE.....	4
1.2	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	5
1.2.1	CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE.....	5
2	<u>FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO</u>	<u>6</u>
2.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	6
2.1.1	AGGREGATI	6
2.1.2	MISCELE	6
2.2	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	7
2.3	POSA IN OPERA	7
2.4	CONTROLLI	8
3	<u>FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO PRODOTTO IN IMPIANTO</u>	<u>10</u>
3.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	10
3.1.1	AGGREGATI	10
3.1.2	CEMENTO	10
3.1.3	ACQUA.....	10
3.1.4	ADDITTIVI.....	11
3.1.5	AGGIUNTE.....	11
3.2	MISCELE	11
3.2.1	ACCETTAZIONE DELLA MISCELA	12
3.2.2	PRODUZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	12
3.3	POSA IN OPERA.....	12
3.4	PROTEZIONE SUPERFICIALE	12
3.5	REQUISITI DI ACCETTAZIONE E NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI.....	13
4	<u>FONDAZIONE SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO, CON LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO</u>	<u>15</u>
4.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	15
4.1.1	INERTI.....	15
4.1.2	LEGANTI	15
4.1.3	ACQUA	16
4.2	MISCELE	16
4.2.1	STUDIO E VERIFICA DELLA MISCELA IN LABORATORIO	16
4.3	MODALITÀ ESECUTIVE	16
4.4	NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI.....	18
5	<u>PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO</u>	<u>19</u>
5.1	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO TRADIZIONALI	19
5.1.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	19
5.1.1.1	LEGANTE	19

5.1.1.2 AGGREGATI.....	19
5.1.1.3 ADDITIVI.....	22
5.1.2 MISCELE.....	23
5.1.2.1 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	25
5.1.2.2 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	25
5.1.3 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA.....	26
5.1.4 POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	27
5.1.5 CONTROLLI	28
5.2 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO MIGLIORATI.....	30
5.2.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	30
5.2.1.1 LEGANTE	30
5.2.1.2 AGGREGATI.....	31
5.2.1.3 ADDITIVI.....	33
5.2.2 MISCELE.....	35
5.2.2.1 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	36
5.2.2.2 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	36
5.2.3 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA.....	37
5.2.4 POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	38
5.2.5 CONTROLLI	39
5.3 MANTI DI USURA SPECIALI: TAPPETI DRENANTI, SEMI-APERTI DRENANTI E SPLITTMASTIX, USURA MULTIFUNZIONALE AD ALTE PRESTAZIONI, ANTISKID	41
5.3.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	41
5.3.1.1 LEGANTE	41
5.3.1.2 AGGREGATI.....	42
5.3.2 MISCELE.....	43
5.3.2.1 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	52
5.3.2.2 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	52
5.3.3 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA.....	52
5.3.4 POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	53
5.3.5 CONTROLLI	54
<u>6 ALTRE LAVORAZIONI.....</u>	<u>58</u>
6.1 SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI	58
6.2 FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE	58
<u>7 ONERI COMPRESI NEI PREZZI.....</u>	<u>58</u>

1 GENERALITA'

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." (antisdrucchiolevolezza)**, 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 933-3	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 portare 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 (E_{v2}) con rapporto E_{v2} / E_{v1} inferiore a 2,15	CNR 146 DIN 18134	MN/m ²	≥100
modulo di deformazione dinamica	DIN 18134	MN/m ²	≥***

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 ± 5 punti e di ± 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/m².

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 Tabella 2-1-- Tabella 2-3
miscela	strato finito	1000 mc di strato omogeneo	riferimento Tabella 2-2- Tabella 2-3
densità in sito	strato finito	1000 mq di fascia stesa	riferimento Tabella 2-4
Indice portanza CBR fondazioni	strato finito	1000 mq di fascia stesa	CNR BU 10009-64
modulo di deformazione (E_v)	strato finito	1000 mq di fascia stesa	riferimento Tabella 2-4- prestazioni previste in progetto
Densità in sito strati Fondazioni	strato finito	1000 mq di fascia stesa	riferimento Tabella 2-4- prestazioni previste in progetto

Tabella 2-5

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 12620.

L'aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura diversa purchè, 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	≤40
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 12607-1	%	≤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 12607-3		ASSENTI
sostanze organiche	UNI EN 12607-3		ASSENTI

Tabella 3-1

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, oli, acidi, alcali, frazioni limo argilose 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 ADDITTIVI

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 della miscela 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 GRANULARE LEGATO CON CEMENTO	
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 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 ²	2,5 ≤ Rc < 4,5
resistenza a trazione indiretta a 7 gg (prova Brasiliana)	CNR 97/84	N/mm ²	≥ 0,25

Tabella 3-3

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza fino a 7.5 N/mm².

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 metereologiche 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/m², 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 ± 5 punti % fino al setaccio 4 mm e di ± 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 E_{v2} deve risultare non inferiore a 180 MN/m^2 entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 220 MN/m^2 dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato.

Nei casi in cui il valore di portanza entro le 24 ore risulti superiore al valore minimo ($E_{v2} \geq 200 \text{ MN/m}^2$) lo strato viene accettato senza l'ulteriore controllo a 3 giorni.

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 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 ³ di stesa	Riferimento Tabella 3-1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 3-2
Acqua	Impianto	iniziale	Riferimento par. 3.1.3
cemento	impianto	iniziale	riferimento par. 3.1.2
misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² 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 ² 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
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/m³).

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 cm³, 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/cm² e non superiori a 45 Kg/cm² (CNR B.U. n° 29-72), ed a trazione indiretta secondo la prova "brasiliiana" non inferiori a 2,5 Kg/cm² (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/cm² (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 scapolì 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 dalla 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 ± 5 punti % fino al passante al setaccio 4 mm e di ± 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/cm², rilevato in un tempo compreso fra 1 giorno e 3 giorni dalla compattazione non dovrà mai essere inferiore a 180 MN/m² (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

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 rammolimento	UNI EN1427	°C	46 - 56
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13302	Pa·s	≤ 0,15
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/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 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.

AGGREGATO GROSSO -

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 simili, 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.

AGGREGATO FINO

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 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:

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 \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 ²	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	>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 _G						
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria						
metodo di prova UNI EN 12697-31						

Tabella 5-9

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione				
	Unità di misura	di Base	Binder 0-12 binder 0-25	Binder multifunzionale	Usura
Condizioni di prova					
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 ²	≥0,4	≥0,4	≥0,5	≥0,7
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 60	> 60	> 65	> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M					
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 ± 7 ; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in ± 4 ; scostamenti del passante al setaccio 0,063 mm contenuti in ± 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) purché 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/m².

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/m². 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/m².

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

INDICATORE DI QUALITÀ	NORMATIVA	UNITÀ DI MISURA	CATIONICA 55%
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 rammolimento	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/m² 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. 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 (D_M), 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 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 continuo⁵, 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 di sopra 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	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-1
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-2, 5-3
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-4,5-5
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-6
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote per densità in sito, e percentuale di vuoti	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	BPN ≥ 60 CAT ≥ 0,60 HS ≥ 0,4

Tabella 5-12

5.2 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.

5.2.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

5.2.1.1 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, $\gamma = 10s^{-1}$	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

Al 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.

5.2.1.2 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.

AGGREGATO GROSSO

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 ≥ 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 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.

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 Tabella 5-16 e nella Tabella 5-17.

AGGREGATO FINO

AUTOSTRADE ED 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 5-16

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	%	≥ 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	%		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	UNI EN 13179-1	%	≥5
Rapporto filler/bitume = 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.

5.2.1.3 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:

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 < 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.

5.2.2 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**.

Serie setacci		Base	Binder	Usura		
				A (0-25)	B (0-15)	C (0-10)
Setaccio	31,5	100	-	-	-	-
Setaccio	25	80 – 100	-	-	-	-
Setaccio	20	70 – 95	100	100	-	-
Setaccio	12,5	45 – 70	65 – 85	90 – 100	100	100
Setaccio	8	35 – 60	55 – 75	70 – 90	70 – 90	90 – 100
Setaccio	4	25 – 50	35 – 55	40 – 55	40 – 60	38 – 48
Setaccio	2	20 – 35	25 – 38	25 – 38	25 – 38	25 – 35
Setaccio	0,5	7 – 21	11 – 21	11 – 20	12 – 21	9 – 16
Setaccio	0,25	5 – 16	6 – 16	8 – 15	9 – 16	8 – 14
Setaccio	0,063	4 – 7	4 – 7	6 – 10	6 – 9	6 – 10
% di bitume rispetto gli inerti		4,0 – 5,0	4,5 – 5,5	4,8 – 5,8	5,0 – 6,0	5,5 – 6,2
Spessore, cm		> 6 cm	> 4 cm	> 4 cm	3-4cm	2-3 cm

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 ²	≥0,9	≥0,9	≥0,9
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	>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 _G				
(**) 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 ²	≥0,8	≥0,8	≥0,8
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 70	> 75	> 80
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M				
metodo di prova UNI EN12697-34				

Tabella 5-22

5.2.2.1 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 ± 7 ; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in ± 4 e scostamenti del passante al setaccio 0,063 mm contenuti in ± 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.

5.2.2.2 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.

5.2.3 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/m².

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/m². 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/m².

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 rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥30

Tabella 5-23

5.2.4 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 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 azzerramento. 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/m² 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.

5.2.5 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 (D_M), 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 D_G (ovvero D_M);

- del 20 % dell' importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di D_G (ovvero D_M).

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 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 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 continuo⁵, 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, 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 di sopra 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	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella Tabella 5-13
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-14 Tabella 5-15, 5-17
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella Tabella 5-16, Tabella 5-17
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-18
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	BPN ≥ 55

Tabella 5-24

5.3 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

5.3.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

5.3.1.1 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	≥75
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 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	%	≥ 75%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Variazione del p.to di Rammollimento			
Valori dopo RTFOT	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.

5.3.1.2 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

AGGREGATO GROSSO

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

Al 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.

5.3.2 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 ²	≥ 0,40
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	≥ 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 ₅		
(**) 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 ²	0,25 – 0,40



Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 35
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		
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 gli 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 5-33e 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 (u*)	%	13 - 16
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm ²	≥ 0,55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	> 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_G		
(**) 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 ²	≥ 0,55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	≥ 45
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D_M		
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
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	8-16
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	2 – 4	4-8
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 2	≥ 4
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm ²	≥ 0,5	≥ 0,
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	> 45	> 45
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G			
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria			
metodo di prova UNI EN 12697-31			

Tabella 5-36

METODO MARSHALL		strato di pavimentazione	
Condizioni di prova	Unità di misura	splittmastix 0-12	splittmastix 0-16
Costipamento	75 colpi x faccia		
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 ²	≥0,60	≥0,60
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 40	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M			
metodo di prova UNI EN 12697-34			

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		$1.25^\circ \pm 0.02$
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 ²	$\geq 0,80$
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	≥ 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_0		
(**) 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 ²	> 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		
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 ²	≥ 0.55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	> 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 _G		
(**) 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 ²	> 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		
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 ²	≥ 0.55
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	> 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 _G		
(**) 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 ²	> 0,80
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 40

(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D_M

metodo di prova UNI EN 12697-34

Tabella 5-46

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

5.3.2.1 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 ± 7 , del passante al setaccio 4 mm di ± 4 , del passante al setaccio 0,063 mm di ± 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.

5.3.2.2 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.

5.3.3 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/m² per le usure drenanti e di 0,80 Kg/m² per i microtappeti 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/m².

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

5.3.4 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 azzerramento. 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.

5.3.5 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 (D_M), 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 D_G (ovvero D_M);
- del 20 % dell' importo dello strato per densità in sito comprese tra 90 e 92 % di D_G (ovvero D_M).

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 e ad alte prestazioni	antiskid
Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT)	CNR 147/92	$\geq 0,53$	$\geq 0,58$	$\geq 0,62$	$\geq 0,60$	$\geq 0,58$
Resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (BPN)	UNI EN 13036-4	≥ 55	≥ 60	≥ 65	≥ 62	≥ 60
L'altezza di sabbia (HS)	CNR 94/83	$\geq 0,8$	$\geq 0,6$	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 0,6$
Capacità drenante media con permeabilmetro a colonna d'acqua		$\geq 16 \text{ dm}^3/\text{min}$	$\geq 5 \text{ dm}^3/\text{min}$	-	-	$\geq 8 \text{ dm}^3/\text{min}$

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 continuo⁵, 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 strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote.

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

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 cm². 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 (α) in condizioni di incidenza normale deve risultare:

Frequenza, (Hz)	Coefficiente di fono-assorbenza, (α)
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 α 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	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-25
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-26
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-27
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 5-28
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto



Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	95% o 98% del valore risultante dallo studio della miscela in funzione del tipo di conglomerato bituminoso.
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	Riferimento Tabella Tabella 5-49 (CAT , BPN, HS)
Capacità drenante	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia stesa	Riferimento Tabella Tabella 5-49

Tabella 5-51

6 ALTRE LAVORAZIONI

6.1 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 massiciata 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.

6.2 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.

7 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.