

Capitolato d'Appalto

SUGGERIMENTI E NOTE TECNICHE

BITUME *Modificato*

la **strada**
giusta

GPM
GPM[®]
gruppo promozione
bitume modificato

SITEB
Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade

BITUME MODIFICATO
LA STRADA GIUSTA

SUGGERIMENTI E NOTE TECNICHE
PER ELABORARE UN

CAPITOLATO D'APPALTO
PER PAVIMENTAZIONI STRADALI
CON BITUME MODIFICATO

seconda edizione - giugno 2000

coordinamento
STEFANO RAVAIOLI

GPM
GRUPPO PROMOZIONE BITUME MODIFICATO

PRESENTAZIONE

Nel 1995 il SITEB ha lanciato la campagna triennale per la promozione del bitume modificato, cui hanno aderito 24 società riunite sotto il marchio GPM (Gruppo Promozione bitume Modificato). L'iniziativa è stata rinnovata fino a tutto l'anno 2000.

Scopo dell'iniziativa era quello di portare l'Italia a livello di altre nazioni europee, come Francia e Germania, nell'uso dei modificati. Ciò con la convinzione che lo sviluppo delle applicazioni dei bitumi modificati con polimeri potesse giovare alla sicurezza, all'ambiente e alla qualità dei lavori stradali.

La risposta dell'utenza si è fatta sentire ancor prima del previsto, sia in termini di aumento dei consumi che di sensibilizzazione delle Pubbliche Amministrazioni. Il risultato è che oggi l'Italia si colloca in una posizione di tutto rilievo, a livello europeo, nella produzione dei modificati.

Il bitume modificato non è una "panacea" universale, ottimale per tutte le applicazioni, ma aiuta in molti casi a risolvere problemi altrimenti insuperabili o di difficile soluzione. Ciò a patto che si adottino corrette procedure per la produzione e l'applicazione.

E' per questo che il SITEB ha pensato di mettere a disposizione degli utenti una semplice e agile guida (compilata dal responsabile del GPM, ing. Ravaioli, con il supporto delle aziende aderenti al GPM), utile per elaborare e gestire i Capitolati Speciali che ogni committente dovrà approntare. Questa pratica iniziativa, completa e integra la "Relazione Generale" sui bitumi modificati pubblicata nel 1996. Il successo e il conseguente rapido esaurimento della prima edizione della guida ci ha spinto a predisporre una nuova edizione, corretta e aggiornata, che siamo lieti di proporvi.

IL PRESIDENTE DEL SITEB
Carlo Giavarini

Roma, giugno 2000

PREMESSA alla 2^a EDIZIONE

Il presente documento è stato redatto con l'obiettivo di fornire all'utente le informazioni tecniche indispensabili per eseguire i lavori di pavimentazione stradale con miscele e conglomerati confezionati esclusivamente con bitumi modificati. Scritto nel linguaggio tipico dei capitolati d'appalto tradizionali, il documento riporta soltanto specifiche e controlli essenziali per realizzare manti stradali sfruttando al meglio le caratteristiche dei materiali e assicurare un buon risultato finale.

La maggior parte delle prove citate si eseguono secondo metodologie consolidate e utilizzando le normali apparecchiature di laboratorio anche se, con ogni probabilità in futuro, i bitumi modificati saranno assoggettati a norme totalmente diverse.

Le prove di accettazione degli aggregati prese in considerazione sono solo quelle ritenute strettamente indispensabili. Per quanto riguarda i leganti, si propone come riferimento la nuova tabella approvata dal SITEB e sottoscritta da tutti i produttori del GPM, che offre maggiori garanzie di qualità e un buon indirizzo per le applicazioni. I parametri riportati in tabella sono tutti obbligatori e rappresentano valori minimi al di sotto dei quali è opportuno non scendere. La viscosità a 160°C, misurata convenzionalmente con un viscosimetro predefinito (*tipo Brookfield, girante 21, 20 giri/minuto*) offre, in associazione agli altri parametri, una buona prova della presenza del polimero nel bitume.

I fusi delle miscele considerate, sono proposti con setacci e crivelli della serie UNI e si ispirano a quelli di più largo impiego in Italia. L'aspetto grafico è cambiato rispetto alla prima edizione e risulta ora di più facile lettura. Il progettista o l'autore del capitolato, ha tuttavia il dovere di verificare sempre le miscele proposte e di adattarle di volta in volta alle singole realtà.

Le temperature riportate nel testo sono sempre espresse in gradi centigradi piuttosto che in gradi Kelvin, come invece suggerito dal Sistema Internazionale, questo al fine di facilitare la comprensione, ciò vale anche per la stabilità Marshall espressa in kg anziché in daN. Quando necessario, fra parentesi, sono indicate le Norme di riferimento.

Le "AVVERTENZE", riportate spesso alla fine di vari paragrafi o argomenti, sono utili suggerimenti ottenuti dall'esperienza, che possono trasformare il presente testo in un manuale operativo pratico e costituire un valido aiuto sia all'impresa che alla Direzione Lavori per i controlli e le verifiche.

Infine, si sottolinea il fatto che il bitume modificato è un prodotto ad elevato contenuto tecnologico e che per questo motivo necessita della presenza di un operatore esperto. Per una corretta applicazione occorrono piccole accortezze e un controllo del processo accurato. Per assicurare il risultato finale è indispensabile quindi una stretta collaborazione tecnica fra fornitore di bitume, produttore di conglomerato, laboratorio e applicatore finale.

IL RESPONSABILE DEL GPM

Stefano Ravaioli

SUGGERIMENTI E NOTE TECNICHE
PER ELABORARE UN

**CAPITOLATO D' APPALTO
PER PAVIMENTAZIONI STRADALI
CON BITUME MODIFICATO**

INDICE

PARTE I

GENERALITA'

- | | | |
|-----|--|--------|
| 1.1 | - Terminologia adottata per le pavimentazioni stradali | pag. 5 |
| 1.2 | - Classificazione del traffico | pag. 7 |

PARTE II

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI - CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE
PROVE DI CONTROLLO

- | | | |
|-------|--|---------|
| 2.1 | - Caratteristiche generali di accettazione dei materiali | pag. 9 |
| 2.2 | - Aggregati lapidei (inerti) | pag. 9 |
| 2.2.1 | - Additivo minerale (Filler) | pag. 10 |
| 2.2.2 | - Inerti sintetici | pag. 10 |
| 2.3 | - Bitumi modificati | pag. 11 |
| 2.4 | - Emulsioni modificate | pag. 13 |
| 2.5 | - Bitumi per mani d'attacco | pag. 13 |

PARTE III

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

- | | | |
|-----|---|---------|
| 3.1 | - Modalità di produzione e confezione delle miscele | pag. 15 |
| 3.2 | - Trasporto del conglomerato | pag. 16 |
| 3.3 | - Posa in opera del conglomerato | pag. 17 |
| 3.4 | - Compattazione | pag. 17 |

3.5	- Esecuzione dei giunti	pag. 19
3.6	- Controllo dei requisiti di accettazione	pag. 21
3.6.1	- Studio preventivo	pag. 21
3.6.2	- Controlli in cantiere di produzione	pag. 21
3.6.3	- Controlli in fase d'opera	pag. 22
3.6.4	- Controlli delle caratteristiche superficiali	pag. 23
3.6.5	- Collaudo	pag. 24
3.7	- Controversie	pag. 24

PARTE IV

MISCELE E CONGLOMERATI CONFEZIONATI CON BITUME MODIFICATO - TRATTAMENTI SUPERFICIALI

4.1	- Conglomerati tradizionali migliorati	pag. 25
4.1.1	- Miscela per STRATO DI BASE	pag. 26
4.1.2	- Miscela per STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	pag. 29
4.1.3	- Miscela per STRATO DI USURA	pag. 33
4.2	- Conglomerato DRENANTE FONOASSORBENTE	pag. 37
4.2.1	- Conglomerato DRENANTE DOPPIO STRATO (Note)	pag. 43
4.3	- Usura antisdrucchiolo SMA (SPLITTMASTIX ASPHALT)	pag. 45
4.4	- Conglomerato ad ALTO MODULO COMPLESSO	pag. 50
4.5	- Microtappeto a freddo tipo SLURRY/SEAL	pag. 56
4.6	- Trattamento superficiale MONOSTRATO	pag. 61
4.7	- Altri interventi speciali con impiego di bitume modificato	pag. 65
4.7.1	- Riparazione piccole superfici e risagomatura delle ormaie	
4.7.2	- Sigillatura di lesioni o giunti di strisciata	pag. 65
4.7.2.1	- Sigillatura delle lesioni eseguite con emulsione e sabbia	pag. 66
4.7.2.2	- Sigillatura delle lesioni della pavimentazione eseguita con bitume modificato e lancia termica	pag. 66

PARTE V

NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI

5.1	- Normative di riferimento per bitumi, emulsioni, inerti ecc.	pag. 67
5.2	- Unità di misura secondo il Sistema Internazionale (S.I.)	pag. 69

NOTA BIBLIOGRAFICA

Per la stesura del presente documento, si è fatto largo uso del materiale contenuto negli archivi del SITEB, proveniente da fonti autorevoli e qualificate, atti di convegni in Italia e all'estero, testi forniti dalle aziende associate oppure frutto della ricerca dei gruppi di studio interni al SITEB.

PARTE I

GENERALITA'

1.1 - TERMINOLOGIA ADOTTATA PER LE PAVIMENTAZIONI STRADALI

Le parti del corpo stradale più direttamente interessate dai carichi mobili, si possono distinguere essenzialmente in:

- sovrastruttura
- sottofondo.

La sovrastruttura stradale, appoggiata su un sottofondo di terreno naturale in situ o sull'ultimo strato del rilevato, è così composta:

- fondazione
- base
- strato superficiale (collegamento e usura).

In relazione ai tipi di materiale che la costituiscono, la sovrastruttura stradale viene definita:

- flessibile
- semirigida
- rigida.

La sovrastruttura flessibile, è caratterizzata da una fondazione in misto granulare non legato, privo di plasticità con buona capacità portante, sulla quale vengono posizionate una base bitumata e un manto in conglomerato bituminoso.

La sovrastruttura semirigida, è caratterizzata da una fondazione in misto granulare seguita da una base in misto cementato, posta sotto gli strati bitumati che ha la funzione di aumentare la rigidità riducendone la deformabilità

La sovrastuttura rigida, è composta da lastre di calcestruzzo appoggiate su una fondazione in misto cementato, generalmente realizzata su una sottofondazione in misto granulare.

Gli strati di conglomerato bituminoso, partendo dal basso verso l'alto, sono così definiti:

- strato di base
- strato di collegamento o binder
- strato d'usura

Il dimensionamento di questi strati e i requisiti tecnici necessari, vanno di volta in volta determinati, definendo:

- la classe di traffico che interesserà la strada
- la composizione granulometrica della miscela
- il tipo di legante idrocarburico (bitume)

Lo strato di usura detto anche "tappeto di usura", ha una funzione portante irrilevante rispetto agli strati sottostanti. Il suo compito è invece quello di garantire predeterminate caratteristiche superficiali della pavimentazione, quali:

- regolarità superficiale
- aderenza
- impermeabilità

Nel caso dei manti drenanti, oltre all'aderenza e alla regolarità superficiale, si richiedono anche:

- elevata porosità per consentire lo smaltimento delle acque
- fonoassorbimento

In ogni caso, lo strato di usura deve sempre assicurare condizioni di sicurezza e comfort di marcia.

Il dimensionamento degli spessori dei vari strati, viene eseguito per la corsia che sopporta la maggior quantità di traffico pesante. In mancanza di dati precisi relativi alla composizione del traffico, è necessario prevedere il numero di veicoli commerciali che transiteranno sulla corsia più trafficata nell'arco della vita utile, facendo riferimento al "Catalogo delle pavimentazioni stradali".

1.2 - CLASSIFICAZIONE DEL TRAFFICO

Il traffico viene classificato come segue:

- leggero
- medio
- pesante
- molto pesante.

Le classi di traffico, sono funzioni del numero medio di passaggi giornalieri di veicoli commerciali che genera un numero totale di passaggi nell'arco della vita utile della pavimentazione. Si intende per veicolo commerciale (Vc), un veicolo con massa complessiva superiore a 3 t.

Le classi di traffico, secondo il CNR - BU n°178/1995, sono:

	T1	<	3.500.000 Vc	traffico leggero	
3.500.000 Vc	<	T2	<	8.000.000 Vc	traffico medio
8.000.000 Vc	<	T3	<	22.000.000 Vc	traffico pesante
	T4	>	22.000.000 Vc	traffico molto pesante	

Secondo il Nuovo Codice della Strada le strade sono classificate come segue:

- A) - Autostrade extraurbane, autostrade urbane
- B) - Strade extraurbane principali
- C) - Strade extraurbane secondarie
- D) - Strade extraurbane di scorrimento
- E) - Strade urbane di quartiere
- F) - Strade extraurbane locali, strade urbane locali

Sulla base della sopraindicata classificazione delle strade e delle classi di traffico, si procede alla progettazione delle varie tipologie di sovrastrutture stradali.

AVVERTENZE

- Quando si progetta una sovrastruttura stradale, è indispensabile definire il ruolo e la funzione che la strada è chiamata ad assolvere; occorre poi individuare il tipo di traffico che dovrà sostenere e i carichi che dovrà sopportare, pertanto è fondamentale definire le caratteristiche portanti della sovrastruttura stradale mediante opportune verifiche a fatica e ad ormaiamento.

- Anche la portanza del terreno di sottofondo deve essere preventivamente valutata, al fine di garantire la conservazione della regolarità del piano di posa della sovrastruttura. Un parametro spesso utilizzato è il modulo resiliente " M_r " valutabile sulla base delle norme AASHTO T274-82. La scelta di tale parametro è dettata dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto della componente viscosa reversibile della deformazione. Qualora non si disponga delle dell'attrezzatura necessaria per la determinazione di M_r , si possono utilizzare correlazioni con l'indice di portanza " CBR " e il modulo di reazione " K ". La tabella che segue, riporta i valori di corrispondenza più utilizzati.

$M_r = 150 \text{ N/mm}^2$	CBR = 15 %	$K = 100 \text{ KPa/mm}$
$M_r = 90 \text{ N/mm}^2$	CBR = 9 %	$K = 60 \text{ KPa/mm}$
$M_r = 30 \text{ N/mm}^2$	CBR = 3 %	$K = 30 \text{ KPa/mm}$

Più il terreno ha scarsa capacità portante, più basso è il valore del modulo resiliente M_r .

Quando si è in presenza di terreni con scadente capacità portante ($M_r = 30 \text{ N/mm}^2$), per strade interessate a forte traffico, è bene prevedere un ricorso ad interventi di bonifica del terreno di sottofondo.

- Per spessore finito si intende lo spessore che si riscontra sugli strati della pavimentazione in opera a costipamento ultimato. In un conglomerato bituminoso per strato di usura, la dimensione massima dell'inerte (D_{max}), deve essere all'incirca pari alla metà dello spessore finito, ma non superiore.

PARTE II

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI - CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO

2.1 - CARATTERISTICHE GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle normative e regolamenti ufficiali vigenti in materia e dovranno corrispondere ad alcuni requisiti di seguito fissati.

Se nelle specifiche tecniche non è indicato diversamente, l'appaltatore è libero di procurare i materiali dove meglio crederà sempre nel rispetto delle prescrizioni indicate.

La scelta di un tipo di materiale piuttosto di un altro o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta volta per volta in base a giudizio della Direzione Lavori (D. L.), la quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e affidabilità.

In ogni caso i materiali prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D. L., all'esame della quale l'Appaltatore deve preventivamente presentarli, facendosi carico di tutte le spese e prestazioni occorrenti per le prove e per i controlli che la Direzione stessa giudicherà necessari, al fine di accertarsi che i materiali soddisfino i requisiti richiesti.

2.2 - AGGREGATI LAPIDEI (INERTI)

Gli aggregati lapidei, detti più semplicemente "inerti", formano lo scheletro di tutti gli strati costituenti la sovrastruttura stradale. Gli inerti devono essere non gelivi, duri e durevoli. Non possono contenere particelle friabili, organiche, argillose, limose e soggette a rigonfiamenti. Devono essere costituiti da materiale frantumato spigoloso e poliedrico. Gli inerti devono rispettare le prescrizioni del CNR - BU n°139/1992, "Criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali". Le principali frazioni granulometriche dei materiali stradali, sono così definite:

- pietrisco: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli, passante al setaccio 63 mm (crivello 71) e trattenuto al setaccio 20 mm (crivello 25).

- pietrischetto: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al setaccio 20 mm (crivello 25) e trattenuto al setaccio 8 mm (crivello 10).
- graniglia: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al setaccio 8 mm (crivello 10) e trattenuto al setaccio 2 mm.
- sabbia: materiale litoide fine, di formazione naturale od ottenuto per frantumazione di pietrame o di ghiaie, passante al setaccio 2 mm e trattenuto al setaccio 0.075 mm.
- filler: materiale polvirulento passante al setaccio 0.075 mm, che si aggiunge ai leganti bituminosi e alle miscele di questi leganti con aggregati litici, allo scopo di conferire particolari caratteristiche ai prodotti che ne derivano.

Gli aggregati destinati alla confezione dei conglomerati bituminosi per strati di base o binder, possono contenere materiali riciclati, purchè rientranti nelle prescrizioni di accettazione previste per gli inerti vergini.

I materiali inerti, dovranno essere sottoposti a prova dall'Ente Appaltante, specialmente se si impiegano materiali fresati provenienti da pavimentazioni in conglomerato bituminoso preesistenti.

2.2.1 - ADDITIVO MINERALE (FILLER)

L'additivo minerale (filler) deve essere costituito da polvere proveniente da rocce calcaree di frantumazione, corrispondenti alle prescrizioni indicate nelle succitate norme CNR. Si può usare all'occorrenza anche cemento portland e calce idrata con esclusione di qualsiasi altro tipo di polvere minerale.

2.2.2 - INERTI SINTETICI

Gli inerti sintetici, possono essere impiegati per motivi specifici (ad esempio per la leggerezza), devono tuttavia possedere, se non specificato diversamente, i requisiti degli aggregati naturali.

2.3 - BITUMI MODIFICATI

I leganti considerati nel presente testo, sono bitumi modificati costituiti da bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici prodotti in impianti controllati dotati di idonei dispositivi di miscelazione che, quando non diversamente prescritto, devono possedere i requisiti indicati nella tab.1.

La tabella riporta le caratteristiche minime e le gradazioni dei leganti modificati per uso stradale suggerite dal SITEB e in linea con quelle proposte dal CEN (Comité Européen de Normalisation), in ambito europeo, per i Paesi dell'area mediterranea.

I parametri riportati in tabella (*penetrazione, punto di rammollimento, viscosità, ritorno elastico, ecc.*), pur presentando dei valori minimi, devono essere tutti, nessuno escluso, assolutamente rispettati se si vuole la certezza che il bitume sia effettivamente modificato.

Alcuni metodi di prova sono ancora in fase di approvazione presso il CEN e pertanto non hanno una numerazione ufficiale ma solo quella ufficiosa denominata PrEN (è il caso della coesione il cui valore potrebbe essere variato rispetto a quello proposto in tab.1).

La viscosità a 160°C e i test di penetrazione e punto di rammollimento dopo RTFOT servono per assicurare una buona qualità del legante nel tempo.

Nella pratica è valso l'uso di distinguere i bitumi modificati in due tipi distinti:

il tipo "soft" (modifica leggera)

il tipo "hard" (modifica più spinta e prodotto con caratteristiche superiori).

Questa distinzione è tuttavia del tutto arbitraria, non essendo in nessun modo fissate le percentuali e le tipologie di modificante che contraddistinguono le due gradazioni. Anche dal punto di vista delle caratteristiche finali, la distinzione tra "hard" e "soft" non è univoca sebbene l'hard si adatti abbastanza bene, per esempio, alla gradazione 50/70-65 della classe 3.

AVVERTENZE

- L'esperienza conferma che possono esistere prodotti più che validi anche se non rientrano, per una delle succitate proprietà, nella tab.1. Minori valori di una proprietà possono essere compensati da superiori caratteristiche relative ad altre proprietà; tuttavia il rispetto dei parametri della tab. 1 assicura un buon grado di prestazionalità dei leganti e di conseguenza dei conglomerati.

- La scelta di un bitume, modificato o no, può essere influenzata da molteplici fattori tra cui certamente risulteranno determinanti quelli legati alle prestazioni finali; tuttavia non si devono dimenticare le condizioni climatiche e meteorologiche cui sarà sottoposto il manufatto in condizioni di esercizio. Il progettista deve pertanto valutare il tutto e scegliere di conseguenza.

Tab. 1 - SPECIFICHE TECNICHE PER L'INDIVIDUAZIONE E LA SCELTA DEI BITUMI MODIFICATI

(valide per condizioni climatiche normali nell'area mediterranea)

Classi di riferimento bitumi	Classe 1 10/30 - 70	Classe 2 30/50 - 65	Classe 3 (-) 50/70 - 65	Classe 4 50/70 - 60	
Applicazioni tipiche suggerite	• pavimentazioni ad alto modulo		• tappeti d'usura drenanti e fonoassorbenti	• conglomerati tradizionali migliorati tappeti antisdrucchio (splittmastix asphalt, grenu e semigrenu)	Metodo d'analisi
	• conglomerati alto modulo per strato di base e di collegamento	• conglomerati alto modulo per strato di base e di collegamento • conglomerati chiusi	• tappeti antisdrucchio (splittmastix asphalt, grenu e semigrenu) • manti ultrasottili • conglomerati chiusi ad alte prestazioni	• conglomerati aperti	
Tipologia di strade e condizioni di traffico	• strade extraurbane principali e secondarie • piazzali portacontainers • piste aeroportuali Traffico molto pesante lento	• strade urbane, extraurbane principali e secondarie Traffico medio e pesante	• strade extraurbane di scorrimento Traffico medio veloce	• strade urbane, extraurbane principali e secondarie Traffico medio veloce	
Penetrazione a 25°C (dmm)	10/30	30/50	50/70	50/70	CNR 24/71
Punto di rammollimento P&A (°C)	≥ 70	≥ 65	≥ 65	≥ 60	CNR 35/73
Punto di rottura Fraass (°C)	≤ -6	≤ -8	≤ -15	≤ -12	CNR 43/72
Viscosità dinamica a 160 °C (mPa x s)	≥ 600	≥ 400	≥ 400	≥ 250	ASTM D 4402 (Brookfield - S21, 20 rpm)
Ritorno elastico a 25°C (%)	≥ 50	≥ 50	≥ 75	≥ 50	DIN 52013
Stabilità allo stoccaggio Δ pen (dmm) e P&A (°C)	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	EN 13399
Invecchiamento (RTFOT) (variazione di P&A in °C)	+/- 5	+/- 5	+/- 5	+/- 5	CNR 54/77
Invecchiamento (RTFOT) (penetrazione residua %)	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	CNR 54/77
Coesione a + 5°C (J/cm²)	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5	Pr EN

(-) Per bitumi modificati con plastomeri il valore di ritorno elastico potrà essere inferiore al 75% ma maggiore di 50% e la viscosità maggiore di 300 mPa x s.

2.4 - EMULSIONI MODIFICATE

Le emulsioni bituminose per uso stradale saranno scelte, a seconda dell'impiego, fra quelle basiche/anioniche o quelle acide/cationiche, tenendo conto che le prime hanno maggiore affinità con gli aggregati di natura acida e le seconde con gli aggregati di natura basica.

Le emulsioni dovranno corrispondere alle prescrizioni del CNR-Fasc. III del 1958 "Norme per l'accettazione di emulsioni bituminose per usi stradali".

Le emulsioni bituminose modificate, sono di natura acida/cationica, utilizzano come legante il bitume modificato e dovranno possedere i requisiti indicati nella successiva tab.2.

tab. 2 - Emulsioni bituminose modificate

Caratteristiche	Unità di misura	Valori	Norme di riferim.
contenuto di acqua	% in peso	< 35	CNR - BU n° 100
contenuto di bitume	% in peso	> 65	CNR - BU n° 100
contenuto di flussante	% in peso	< 2	CNR - BU n° 100
velocità di rottura demulsiva	% in peso	> 50	ASTM D 244
omogeneità	% in peso	< 0,2	ASTM D 244
sedimentazione a 5 gg.	% in peso	< 5	ASTM D 244
viscosità Engler a 20 °C	°E	> 15	CNR - BU n° 102
grado di acidità	pH	< 7	ASTM E 70

2.5 - BITUMI PER MANI D'ATTACCO

Sono bitumi modificati impiegati tal quali e non sotto forma di emulsioni. Sono spruzzati a caldo ($T > 180 \text{ °C}$) e realizzano una membrana in opera che non solo impermeabilizza il sottofondo ma costituisce, anche, un diaframma che impedisce il rimontare delle fessurazioni provenienti dal basso.

Per questo tipo di applicazione sono più adatti i bitumi con gradazione compresa tra 50/70 e 70/100; si suggerisce di utilizzare un bitume di classe 3 o classe 4 tra quelli indicati nella tab. 1.

AVVERTENZE

- Il controllo relativo all'osservanza delle norme tecniche che regolano la qualità e le caratteristiche dei materiali, è competenza di un laboratorio che potrà essere quello dell'Ente Appaltante oppure, in mancanza, dovrà essere scelto da quest'ultimo, fra quelli di sua fiducia.

- Gli addetti al laboratorio dovranno avere libero accesso e completa possibilità di controllo in tutti i cantieri ove avviene l'approvvigionamento, la confezione e la posa in opera dei materiali previsti in appalto. Il prelievo dei campioni potrà essere eseguito senza preavviso ed in qualsiasi momento. Gli addetti alle cave, agli impianti, ai mezzi di approvvigionamento e di stesa dovranno facilitare l'opera di prelievo.

- Per i campioni prelevati dalla pavimentazione posta in opera, l'Appaltatore è tenuto a provvedere a sua cura e sue spese alla riparazione del manto, riempiendo e costipando i fori eseguiti con materiale idoneo.

- I campioni verranno prelevati in contraddittorio; la Direzione Lavori potrà ordinare la conservazione nei locali da essa indicati previa apposizione dei sigilli a firma del Direttore dei lavori e dell'Appaltatore.

PARTE III

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

3.1 - MODALITA' DI PRODUZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante idonei impianti altamente automatizzati dotati di adeguati controlli automatici di processo; tali impianti dovranno essere mantenuti sempre perfettamente in ordine e dovranno assicurare una elevata qualità del prodotto.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento degli inerti, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La D. L. potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer), purchè il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, con idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo eventualmente previsto.

La zona destinata agli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura, onde evitare contaminazioni.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 160 e 180 °C; quella del legante modificato tra 150 e 170 °C, salvo diverse disposizioni del Capitolato Speciale d'Appalto, in rapporto al tipo di bitume impiegato e alle indicazioni tecniche del fornitore.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie, i serbatoi e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

AVVERTENZE

- Se il legante bituminoso non viene utilizzato subito, deve essere conservato in appositi serbatoi dotati di dispositivi di riscaldamento e preferibilmente con adeguati impianti di agitazione e ricircolo.

Il prodotto deve essere tenuto alla temperatura più bassa possibile compatibile con le modalità del pompaggio. Seguire in ogni caso le istruzioni del produttore, che deve fornire una apposita scheda del prodotto.

- Per periodi di stoccaggio fino a 15 giorni, la temperatura del bitume in cisterna, sarà indicativamente compresa fra 130-150 °C.

3.2 - TRASPORTO DEL CONGLOMERATO

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura avvolgente per evitare i raffreddamenti superficiali e la conseguente formazione di crostoni superficiali.

La percorrenza stradale, dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa, non dovrà richiedere un tempo eccessivamente lungo per non causare il raffreddamento del conglomerato (si consiglia di non superare un'ora).

AVVERTENZE

- L'appaltatore deve disporre di un numero sufficiente di mezzi di trasporto, atto ad assicurare una alimentazione regolare del cantiere di stesa. Una carenza di mezzi di trasporto provoca:

a) arresti all'impianto che, oltre a modificare il regime termico, alterano la composizione del conglomerato,

b) arresti alla finitrice che pregiudicano la qualità della stesa e la regolarità del costipamento.

- In ogni caso la durata del trasporto è vincolata dalla temperatura minima del conglomerato alla stesa, che nel caso di impiego di bitumi modificati, non dovrà mai essere inferiore a 150-160 °C.

- La distanza dall'unità produttiva potrà essere elemento discriminante per l'accettazione a priori del materiale da parte della D. L.

3.3 - POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito, scevro da polveri e privo di residui di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla D. L., dotate di piastra riscaldata, in perfetto stato di efficienza e con di automatismi di autolivellamento. La D. L. si riserva la facoltà di poter utilizzare ogni altra tecnologia ritenuta più opportuna, possibilmente dopo aver consultato l'Impresa.

Le vibrofinitrici dovranno lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. La velocità di avanzamento delle macchine di stesa, dovrà essere mediamente compresa tra 4 e 5 m/min.

La temperatura del conglomerato alla stesa non dovrà mai scendere al di sotto di 150°C.

La temperatura esterna non dovrà mai essere inferiore a 5°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti.

AVVERTENZE

- Per garantire l'ancoraggio del conglomerato bituminoso su uno strato di fondazione in misto cementato, prima della stesa dovrà essere rimossa la sabbia e spruzzata una mano d'attacco di emulsione bituminosa, in ragione di 0,5 - 0,6 kg/mq.

- La mano d'attacco va messa ogni volta che si deve "incollare" uno strato di conglomerato bituminoso su uno preesistente. Per l'ancoraggio di uno strato di usura, costituito da un conglomerato con elevata percentuale di materiale fine, è necessario un dosaggio di emulsione leggermente inferiore; si consiglia di non superare 0,3 - 0,4 kg/mq.

- Il dosaggio sopra riportato dell'emulsione, espresso in kg/mq, si riferisce ad una emulsione con contenuto di bitume residuo pari ad almeno il 55 %.

3.4 - COMPATTAZIONE

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice ed essere condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato possibilmente con rulli gommati oppure metallici a rapida inversione di marcia, con peso

idoneo e con caratteristiche tecnologiche avanzate, in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso minimo di 8 - 10 t per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base, la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D. L. la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza. A discrezione della D. L. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Al termine della compattazione, gli strati di binder e usura dovranno avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno o periodo di lavorazione riscontrata nei controlli all'impianto.

Per lo strato di base si dovranno raggiungere densità superiori al 96%.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere un uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato, dovrà aderirvi uniformemente; per lo strato d'usura, sarà tollerato uno scostamento massimo di 6 mm.

AVVERTENZE

- Il costipamento dei conglomerati è una operazione della massima importanza e merita una attenzione del tutto particolare. Per una buona esecuzione del lavoro è fondamentale l'impiego del rullo gommato. L'azione del gommato (con carico di almeno 2 t per ruota) compatta e chiude il conglomerato assai meglio del rullo metallico e contemporaneamente mantiene intatte le caratteristiche di microtessitura superficiale degli inerti. L'uso del vibrante è generalmente sconsigliato specie nella posa di conglomerati in strati sottili.

- L'adesione del conglomerato ai pneumatici del rullo, che si manifesta all'inizio del costipamento, cessa non appena le ruote raggiungono una certa temperatura superficiale e non si manifesta più finchè questa temperatura non scende. E' quindi necessario evitare il raffreddamento delle ruote, ma al contrario, bisogna favorirne il riscaldamento. Mai bagnare i pneumatici con acqua! Per evitare i fenomeni di incollaggio iniziali, causa di spiacevoli aspetti superficiali del conglomerato, si consiglia di utilizzare appositi olii emulsionabili, saponi o additivi vari.

- Il rullo gommato inizia la sua azione subito dopo quella del rullo tandem che in precedenza e a velocità sostenuta ha agito sui bordi della striscia. Il rullo gommato

procede lentamente e non deve mai allontanarsi dalla finitrice più di 30 m; tale distanza va ulteriormente ridotta in caso di condizioni climatiche sfavorevoli.

- L'impasto sottoposto all'azione del rullo non deve scorrere. Se ciò accade, significa che qualche cosa non va nello studio Marshall della miscela o nella temperatura del materiale. Si consiglia di sospendere l'esecuzione del lavoro. In casi estremi, lasciar raffreddare un po' il conglomerato e procedere alla rullatura con le ruote motrici rivolte verso la finitrice.

- Nelle superfici su sagoma stradale inclinata trasversalmente (raccordi), il costipamento va eseguito partendo dalla quota più bassa.

3.5 - ESECUZIONE DEI GIUNTI

Durante la stesa, si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere trattato con applicazione di emulsione bituminosa acida al 55% in peso, per assicurare la saldatura della striscia successiva. In alternativa si potrà riscaldare contemporaneamente con apposito apparecchio a raggi infrarossi (ristuccatore), il bordo della striscia adiacente stesa, curando particolarmente il costipamento e la sigillatura del giunto longitudinale tra le due striscie. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà 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.

AVVERTENZE

- L'esecuzione del giunto è sempre un problema delicato e mette in mostra la capacità di lavoro dell'impresa. Operando con i bitumi modificati, l'esecuzione deve essere perfetta poichè anche un piccolo dislivello di mezzo centimetro tra due strisciate, non viene recuperato dal naturale costipamento che normalmente si verifica con la riapertura del traffico ma rimane sempre evidente.

- La compattazione del rullo sul giunto deve avvenire sempre in modo che la direzione di marcia del rullo si mantenga parallela al giunto; pertanto in caso di giunto di ripresa trasversale, il rullo dovrebbe procedere per qualche passaggio trasversalmente all'asse stradale.

- Qualora ci si trovasse nella necessità di rullare un giunto fra una pavimentazione vecchia e una strisciata di conglomerato appena steso, si procederà con il rullo tandem posizionato in avanzamento sulla vecchia e non viceversa.

- Per i conglomerati drenanti, il problema della realizzazione del giunto va risolto in modo molto diverso; vedi nel paragrafo apposito.

3.6 - CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

3.6.1 - STUDIO PREVENTIVO

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori corredati da una completa documentazione delle prove effettuate in laboratorio, dovranno essere presentati alla Committente con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori ed approvati dalla D. L. Una volta accettata dalla D. L., l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla composizione granulometrica della curva di progetto proposta, comprovandone l'osservanza con esami periodici.

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di ± 5 per lo strato di base e di ± 3 per gli strati di binder ed usura. Per gli strati di base, binder ed usura non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (passante al setaccio 2 mm e trattenuto al setaccio 0.075) di ± 2 ; per il filler (passante al setaccio 0,075 mm) di $\pm 1,5$.

Per la percentuale di bitume, non sarà tollerato uno scostamento da quello di progetto, superiore a $\pm 0,25$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

3.6.2 - CONTROLLI IN CANTIERE DI PRODUZIONE

I controlli in cantiere, dovranno essere eseguiti con le frequenze stabilite dalla D. L. al fine di accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei conglomerati. In particolare, riguarderanno:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cumuli nel cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione dell'impianto,
- la verifica delle principali caratteristiche del legante bituminoso (penetrazione, punto di rammollimento), campionato direttamente dalle autobotti in fornitura o dalle cisterne di stoccaggio dell'impianto,
- la verifica della composizione dell'impasto bituminoso (granulometria degli inerti, percentuale del bitume), campionato all'uscita del mescolatore.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto nonché la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

AVVERTENZE

- *La verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta almeno una volta a settimana con prelievi a norma CNR - BU n°81/1980. All'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in kg) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.*

- *In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla D. L. sul quale l'Impresa dovrà registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.*

3.6.3 - CONTROLLI IN FASE D'OPERA

I controlli eseguiti in fase di posa in opera o immediatamente dopo la fine della stesa servono per verificare il rispetto dei valori contrattuali concordati.

Un controllo in fase di posa in opera è composto da almeno 3 prelievi eseguiti ogni 5.000 mq. di materiale steso oppure ogni 350 t di conglomerato.

Il controllo deve essere eseguito alla presenza dell'Appaltatore e dell'Appaltante.

Su campioni di conglomerato prelevati direttamente dalla finitrice e prima del costipamento, verranno controllati i seguenti valori:

- temperatura del prodotto all'atto della stesa
- contenuto percentuale di bitume
- granulometria degli aggregati e natura e percentuale litologica dell'aggregato grosso
- peso di volume (densità), stabilità, scorrimento e rigidità, eseguita su provini Marshall confezionati possibilmente sul posto

Dopo la stesa, a pavimentazione ultimata, dovranno essere eseguiti prelievi sulla strada, mediante carotaggio o asportazione di tasselli indisturbati, al fine di verificare:

- gli spessori del conglomerato steso
- la densità e il contenuto dei vuoti residui delle carote

Gli spessori finiti devono essere controllati almeno ogni 5.000 mq.

AVVERTENZE

- I prelievi di conglomerato dalla sede stradale, sia sottoforma di carote che di tasselli, dovranno essere eseguiti in zone significative della pavimentazione, evitando di prelevare ai margini della strada o in prossimità dei giunti.

- La determinazione della densità e dei vuoti residui sulle carote o su tasselli indisturbati di conglomerato steso, è molto importante al fine di verificare l'efficacia dell'azione costipante del rullo. Questi valori verranno confrontati con quelli ricavati dai provini Marshall confezionati con 75 colpi di maglio per faccia, prelevando il materiale all'impianto o alla finitrice. La densità delle carote dovrà essere pari almeno al 97% di quella dei provini di riferimento.

- E' possibile verificare anche la percentuale di bitume e la granulometria del conglomerato avendo cura tuttavia di selezionare una parte indisturbata della carota ovvero eliminando quella parte tagliata a contatto con la corona dentata della carotatrice.

3.6.4 - CONTROLLI DELLE CARATTERISTICHE SUPERFICIALI

Sulla superficie finita del manto d'usura, oltre alla verifica delle quote e delle pendenze del piano stradale, è fondamentale ai fini della sicurezza, il controllo dei seguenti parametri:

- regolarità superficiale,
misurata mediante il regolo di 4m, in direzione longitudinale e trasversale max 6 mm
- resistenza di attrito radente BPN,
misurata con l'apparecchio portatile a pendolo - (CNR - BU n°105/1985) > 60
- macrorugosità superficiale HS,
misurata col sistema dell'altezza in sabbia - (CNR - BU n°94/1983) > 0,45
- coefficiente di aderenza trasversale CAT,
misurato con l'apparecchio SCRIM - (CNR - BU n°147/1992) > 0,55

Tali misurazioni possono anche essere eseguite in continuo con sistemi ad alto rendimento.

AVVERTENZE

- Le misure sopracitate di attrito radente, macrorugosità superficiale e coefficiente di aderenza trasversale, dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° e il 90° giorno dall'apertura al traffico.

- *La prova di attrito radente (BPN = British portable tester number) va eseguita su superficie bagnata e pulita alla temperatura di riferimento di 15°C e va ripetuta dopo un periodo di un anno dall'apertura al traffico.*

3.6.5 - COLLAUDO

Il collaudo avverrà nel corso del 4° trimestre dopo la conclusione dei lavori e in ogni caso dopo almeno un intero ciclo stagionale invernale.

3.7 - CONTROVERSIE

Qualora la D. L. rifiuti una qualsiasi fornitura come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

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

L'Impresa sarà obbligata a sottoporsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sostenendo tutte le spese per il prelievo, la preparazione e l'invio di campioni ai laboratori in seguito specificati ed indicati dall' Ente Appaltante, nonché per le corrispondenti prove di esami con il relativo onere di costi.

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

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso laboratori indicati dalla D. L., i quali saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti dell' Appalto.

PARTE IV

MISCELE E CONGLOMERATI CONFEZIONATI CON BITUME MODIFICATO - TRATTAMENTI SUPERFICIALI

4.1 - CONGLOMERATI TRADIZIONALI MIGLIORATI

Si definiscono in questo modo quei conglomerati bituminosi tradizionali che normalmente compongono lo strato portante superiore della sovrastruttura stradale, ai quali è stato semplicemente sostituito il bitume stradale normalmente impiegato con idoneo bitume modificato.

Il conglomerato migliorato per strati di base, binder e usura, è costituito da una miscela di inerti (sabbie, pietrischi, graniglie, e filler) impastata a caldo con bitume modificato, in impianti automatizzati. Esso è del tutto simile a quello confezionato con bitume tradizionale e valgono le stesse prescrizioni. Anche le modalità di produzione e di posa in opera non differiscono se non per la temperatura di lavorazione che deve essere aumentata di circa 10°C rispetto alle temperature usuali dei conglomerati confezionati con bitume tradizionale.

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume modificato riferita al peso totale degli inerti, compresa negli intervalli indicati per i diversi tipi di conglomerato.

AVVERTENZE

- *L'impiego del bitume modificato, consente di migliorare il modulo a parità di spessore e di curva granulometrica e quindi accresce la capacità portante.*
- *L'impiego del bitume modificato, consente di aumentare la vita utile della pavimentazione poichè migliora il comportamento a fatica.*
- *E' possibile anche valorizzare inerti con caratteristiche non straordinarie (impiegandoli esclusivamente negli strati di base e di collegamento).*
- *Il legante modificato assicura sempre una durabilità della pavimentazione molto elevata e nettamente superiore rispetto alla pavimentazione confezionata con bitume tradizionale.*

4.1.1 - MISCELA PER STRATO DI BASE

Descrizione

E' una miscela di elevata resistenza meccanica, capace cioè di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza. Lo strato di base sarà composto da un conglomerato bituminoso semiaperto costituito da una miscela di frantumato, ghiaia e sabbia impastata con bitume modificato a caldo e steso in opera mediante finitrice.

Inerti: aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito da ghiaie, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti:

- quantità di frantumato > 65 %
- perdita in peso Los Angeles LA (CNR - BU n° 34/1973) < 25 %

L'utilizzazione del 100% di materiale frantumato, permette di ottenere migliori risultati.

Inerti: aggregato fino (frazione < 4 mm)

L'aggregato fino, sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- perdita in peso Los Angeles LA (CNR - BU n° 34/1973 - Prova C) < 25 %
- equivalente in sabbia ES (CNR - BU n° 27/1972) > 50 %.

Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, ecc. e dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR - BU n° 139/92 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI	n° 0,18	passante in peso a secco	85 %
"	"	n° 0,075	75 %
		" " " " "	

- più del 60% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Miscela

La miscela di aggregati lapidei e filler da adottare per un conglomerato di base migliorato, dovrà presentare una composizione granulometrica nei limiti del fuso di tab.C1.

Composizione granulometrica indicativa per lo STRATO DI BASE

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 40	100 - 100
" 30	80 - 100
" 25	70 - 95
" 15	45 - 70
" 10	35 - 60
" 5	25 - 50
setaccio 2	20 - 40
" 0,4	6 - 20
" 0,18	4 - 14
" 0,075	4 - 8

Per strati di spessore compreso non superiore a 10 cm dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

Legante

Bitume modificato scelto tra quelli previsti in tab.1; si suggerisce di utilizzare un bitume 30/50 classe 2 o 50/70 classe 4. Il tenore di bitume sarà compreso tra il 3,5 - 4,5 % sul peso degli inerti.

Requisiti di accettazione per lo strato di base

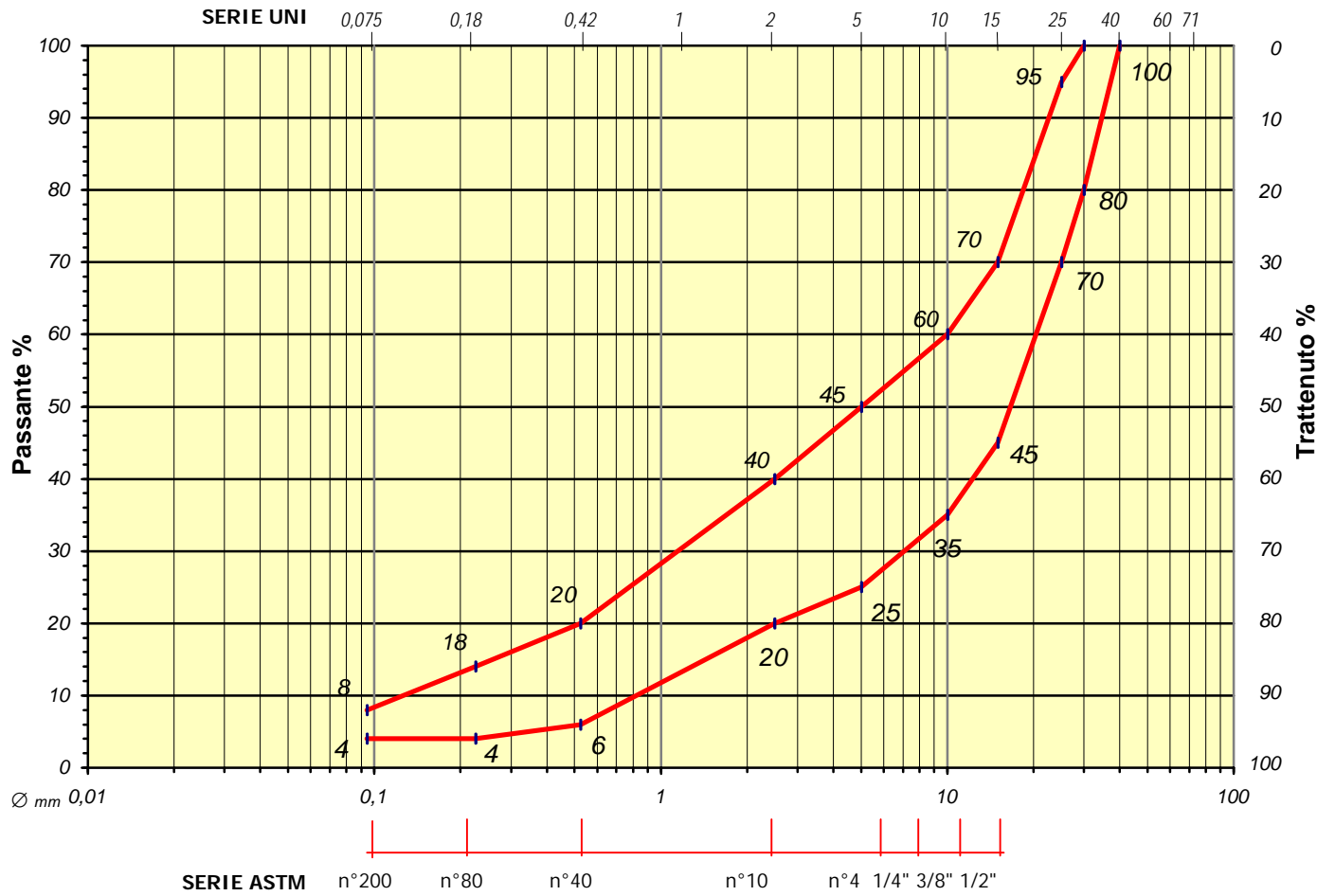
Il conglomerato migliorato per strato di base, dovrà avere i requisiti minimi proposti nella tabella seguente.

Requisiti del conglomerato migliorato per STRATO DI BASE	Unità di misura	Valori	Norma di rif.
stabilità Marshall eseguita a 60°C (75 colpi /faccia)	kg	> 900	CNR - BU n°30/73
rigidezza Marshall	kg/mm	250 - 400	CNR - BU n°30/73
percentuale di vuoti residui	%	6 - 8	CNR - BU n°39/73
massa vol. delle carote indist. rispetto provini Marshall	%	> 96	CNR - BU n°40/73



TAB. C1: CONGLOMERATO MIGLIORATO PER STRATO DI BASE

filler	sabbia	graniglia	pietrischetto	pietriscio
--------	--------	-----------	---------------	------------



4.1.2 - MISCELA PER STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Descrizione

Lo strato di collegamento o "binder" ha la funzione di ancorare lo strato di usura a quello di base, trasmettendo l'azione verticale dei carichi. L'elevata resistenza meccanica e la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli, sono le sue caratteristiche principali. Lo strato di collegamento sarà composto da un conglomerato bituminoso costituito da una miscela di frantumato, pietrisco, pietrischetto sabbia e filler, impastata con bitume a caldo, steso in opera mediante finitrice e rullato con cura.

Inerti: aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito da ghiaie frantumate, pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti:

- quantità di frantumato		>100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 25 %
- indice di appiattimento "I _a "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 25 %

Inerti: aggregato fino (frazione < 4 mm)

L'aggregato fino, sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973 - Prova C)	< 25 %
- equivalente in sabbia ES	(CNR - BU n° 27/1972)	> 50 %.

Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, ecc., dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR - BU n° 139/92 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI	n° 0,18	passante in peso a secco	100 %
" "	n° 0,075	" " " " "	80 %

- più del 60% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Miscela

La miscela di aggregati lapidei e filler da adottare per un conglomerato di collegamento migliorato, dovrà presentare una composizione granulometrica nei limiti del fuso di tab.C2.

Composizione granulometrica indicativa per lo STRATO DI COLLEGAMENTO

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 25	100 - 100
" 15	65 - 100
" 10	50 - 80
" 5	30 - 60
setaccio 2	20 - 45
" 0,4	7 - 25
" 0,18	5 - 15
" 0,075	4 - 8

Legante

Bitume modificato scelto tra quelli previsti in tab.1; si suggerisce di utilizzare un bitume 30/50 classe 2 o 50/70 classe 3. Il tenore di bitume sarà compreso tra il 4,0 - 5,0 % sul peso degli inerti.

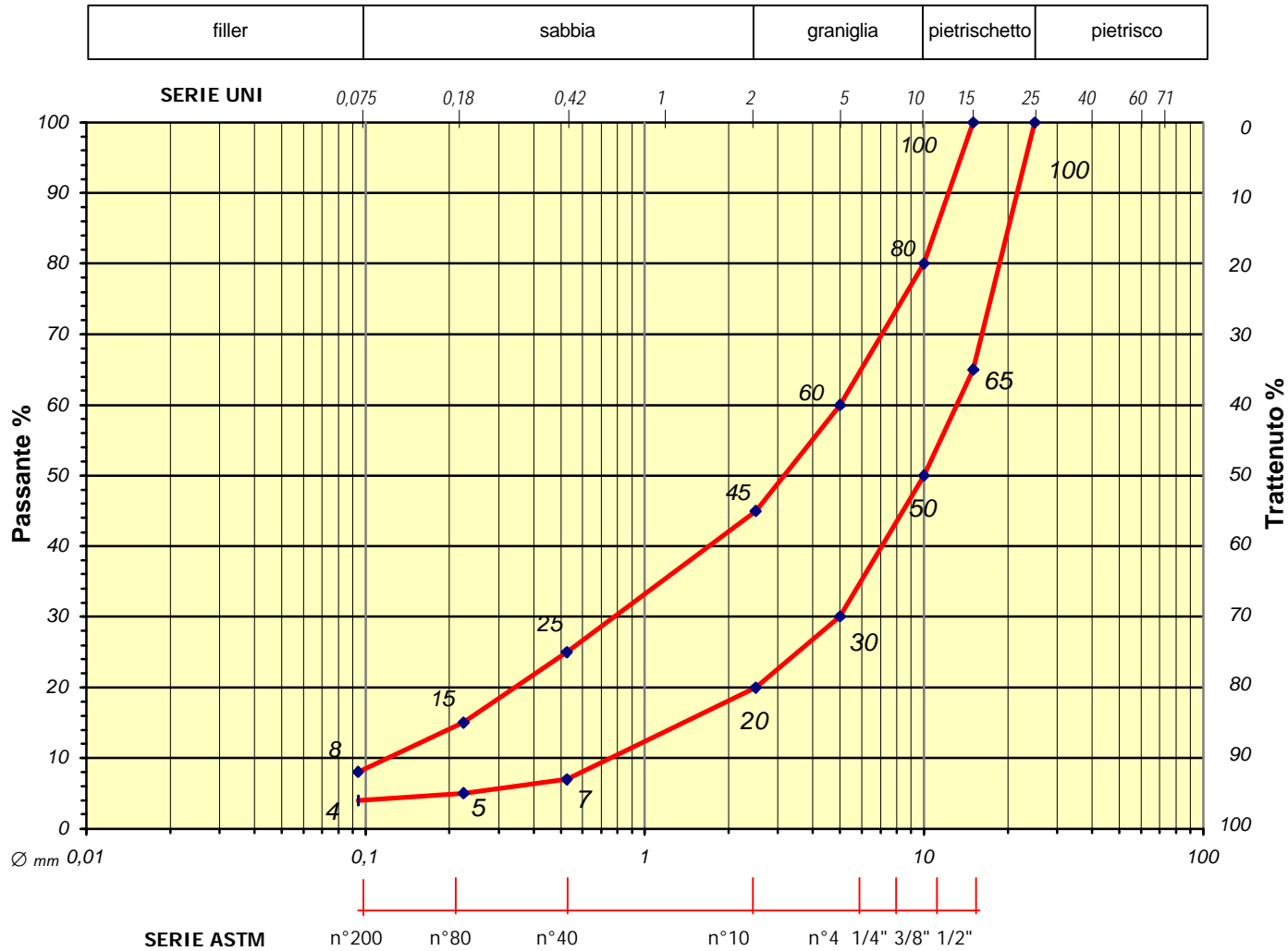
Requisiti di accettazione per lo strato di collegamento (binder)

Il conglomerato migliorato per strato di base, dovrà avere i requisiti minimi proposti nella tabella seguente.

Requisiti del conglomerato migliorato per STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	Unità di misura	Valori	Norma di rif.
stabilità Marshall eseguita a 60°C (75 colpi /faccia)	kg	> 1100	CNR - BU n°30/73
rigidezza Marshall	kg/mm	300 - 450	CNR - BU n°30/73
percentuale di vuoti residui	%	4 - 6	CNR - BU n°39/73
massa vol. delle carote indist. rispetto provini Marshall	%	> 97	CNR - BU n°40/73



TAB. C2: CONGLOMERATO MIGLIORATO PER STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)



AVVERTENZE

- *L'incremento della stabilità Marshall che generalmente si registra impiegando bitume modificato non è l'obiettivo primario dello studio Marshall, che serve invece ad ottimizzare il contenuto del legante.*

- *Spesso capita che lo "strato di collegamento" venga aperto al traffico veicolare prima della stesa del tappeto di usura. In questo caso è necessario che tale strato sia preventivamente sottoposto ad alcune verifiche riguardo l'aderenza, la macrorugosità e l'attrito su superficie bagnata. In ogni caso è sempre opportuno segnalare la presenza di asfalto sdruciolevole.*

4.1.3 - MISCELA PER STRATO DI USURA

Descrizione

Lo strato di usura detto anche “tappeto d’usura”, è la parte superficiale della pavimentazione, soggetta all’ “usura” del traffico ed esposta agli agenti atmosferici. La sua funzione è quella di sopportare le sollecitazioni tangenziali e verticali dei carichi, offrire aderenza ai pneumatici e nel contempo impermeabilizzare gli strati sottostanti. Elevata resistenza meccanica, rugosità superficiale e compattezza, sono gli elementi che lo caratterizzano. Lo strato di usura sarà composto da un conglomerato bituminoso costituito da una miscela chiusa di materiali inerti esclusivamente di frantumazione (compresa la sabbia) e filler, impastata con bitume modificato a caldo, stesa in opera mediante finitrice e costipato a fondo con rulli gommati e lisci.

Inerti: aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso, oltre alle caratteristiche prescritte al punto 2.1, dovrà contenere un 30% di inerte di natura basaltica o di prima categoria. L'aggregato grosso, sarà costituito esclusivamente da frantumati, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti:

- quantità di frantumato		=100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 20 %
- coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(CNR - BU n° 140/1992)	> 0,45
- indice di appiattimento “ I _a ”	(CNR - BU n° 95/1984)	< 20 %
- sensibilità al gelo	(CNR - BU n° 80/1980)	< 30 %

E' facoltà della Committente non accettare materiali che in precedenti esperienze hanno provocato nel conglomerato finito, inconvenienti (rapidi decadimenti di CAT, scadente omogeneità dell'impasto per loro insufficiente affinità col bitume od altro) anche se rispondenti ai limiti sopra indicati.

Inerti: aggregato fino (frazione < 4 mm)

L'aggregato fino, sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973 - Prova C)	< 25 %
- equivalente in sabbia ES	(CNR - BU n° 27/1972)	> 80 %.

Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR - BU n° 139/92 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI	n° 0,18	passante in peso a secco	100 %
"	"	n° 0,075	80 %

- più del 60% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n° 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Miscela

La miscela di aggregati lapidei e filler da adottare per un conglomerato d'usura migliorato, dovrà presentare una composizione granulometrica nei limiti del fuso di tab.C3.

Composizione granulometrica indicativa per lo STRATO DI USURA

Serie crivelli e setacci UNI		Passante totale in peso %
crivello	15	100
"	10	70 - 100
"	5	43 - 67
setaccio	2	25 - 45
"	0,4	12 - 24
"	0,18	7 - 15
"	0,075	6 - 11

Legante

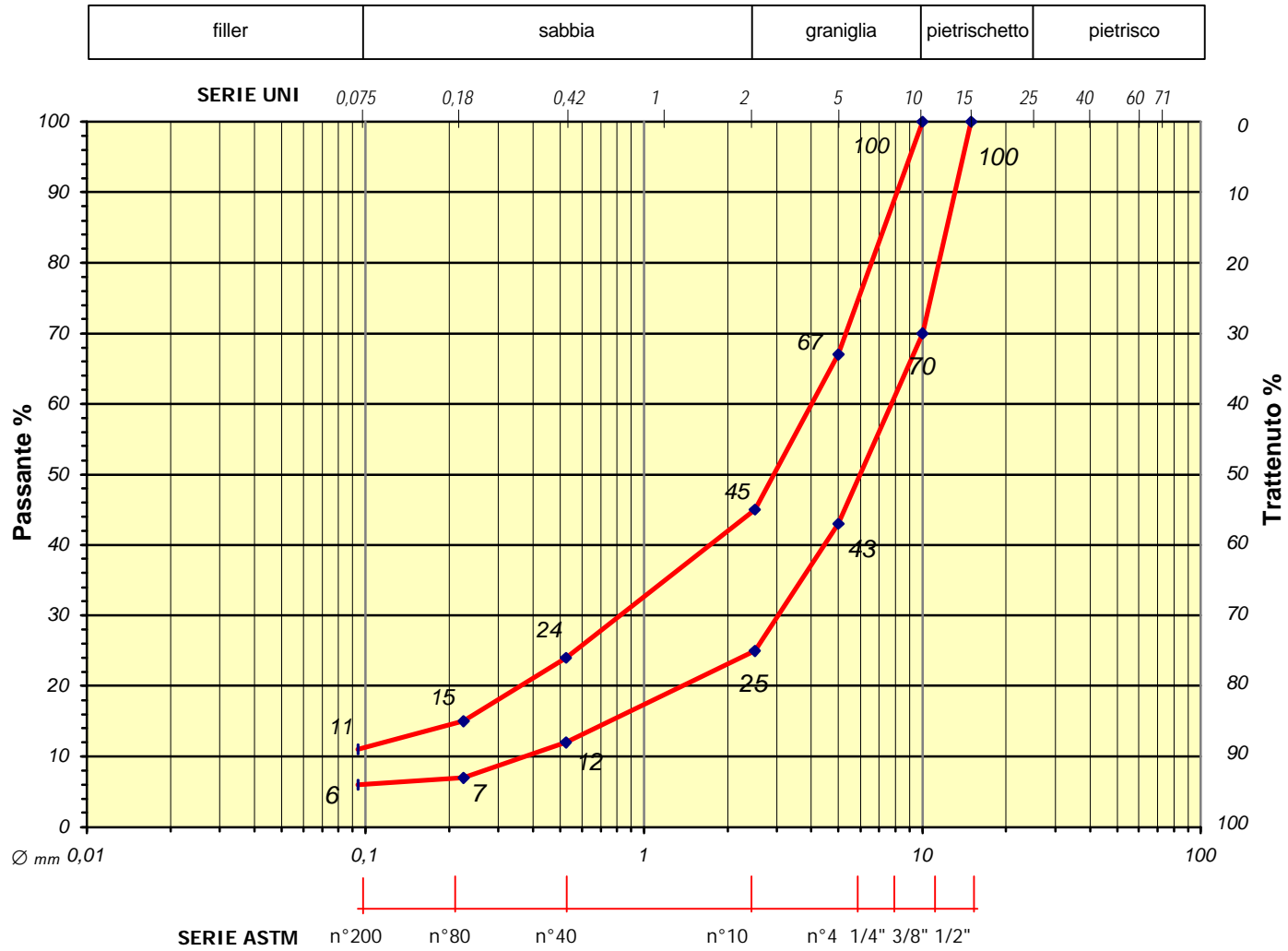
Bitume modificato scelto tra quelli previsti in tab.1; si suggerisce di utilizzare un bitume 50/70 di classe 4. Il tenore di bitume, sarà compreso tra il 4,5 - 6,0 % sul peso degli inerti.

Rapporto filler / bitume

Il rapporto filler/bitume dovrà mantenersi tra 1,2 e 1,7.



TAB. C3: CONGLOMERATO MIGLIORATO PER STRATO DI USURA



Spessore minimo

Pur non avendo alcuna funzione portante, lo spessore minimo del tappeto d'usura, dovrà essere almeno pari a cm 3.

Requisiti di accettazione per lo strato di usura

Il conglomerato migliorato per strato di usura, dovrà avere i requisiti minimi proposti nella tabella seguente.

Requisiti del conglomerato migliorato per STRATO DI USURA	Unità di misura	Valori	Norma di rif.
stabilità Marshall eseguita a 60°C (75 colpi /faccia)	kg	> 1200	CNR - BU n°30/73
rigidezza Marshall	kg/mm	350 - 500	CNR - BU n°30/73
percentuale di vuoti residui	%	3 - 5	CNR - BU n°39/73
massa vol. delle carote indist. rispetto provini Marshall	%	> 97	CNR - BU n°40/73

AVVERTENZE

- *L'incremento della stabilità Marshall che generalmente si registra impiegando bitume modificato, non è l'obiettivo primario dello studio Marshall che serve invece ad ottimizzare il contenuto del legante.*

- *Poichè il bitume modificato è particolarmente viscoso, si consiglia di privilegiare quelle miscele che durante lo studio Marshall presentano curve granulometriche con le migliori caratteristiche meccaniche e la più facile compattabilità con 25, 50 e 75 colpi di maglio per faccia.*

- *La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR BU n°121/1987).*

- *I provini per le misure di stabilità e rigidezza anzidette, dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.*

4.2 - CONGLOMERATO DRENANTE FONOASSORBENTE

Descrizione

Lo strato di usura drenante e/o fonoassorbente è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, poca sabbia e filler, impastato a caldo con bitume modificato, che dopo compattazione presenta una porosità intercomunicante 4 o 5 volte superiore a quella di un tradizionale conglomerato per strato di usura.

Questo conglomerato, ad alto contenuto tecnologico, viene steso su uno strato impermeabile realizzato in precedenza, in spessori generalmente compresi tra 4 e 5 cm, ed è impiegato prevalentemente con le seguenti finalità

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale,
- abbattere il rumore prodotto dal rotolamento del pneumatico sulla strada.

Inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei, secondo le norme CNR - BU n°139/1992.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e degli additivi minerali (filler).

Aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura diversa anche se preferibilmente basaltica, aventi forma poliedrica a spigoli vivi, che soddisfino i seguenti requisiti:

- quantità di frantumato		=100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 18 %
- coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(CNR - BU n° 140/1992)	> 0,45
- coefficiente di forma "C _f "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 3
- coefficiente di appiattimento "C _a "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 1,58
- sensibilità al gelo	(CNR - BU n° 80/1980)	< 20 %
- spogliamento in acqua a 40 °C	(CNR - BU n° 138/1992)	= 0 %

Aggregato fino (frazione < 4 mm)

L'aggregato fino, sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- perdita in peso Los Angeles LA (CNR - BU n° 34/1973 - Prova C) < 25 %
- equivalente in sabbia ES (CNR - BU n° 27/1972) > 70 %.

Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR - BU n° 139/92 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI	n° 0,18	passante in peso a secco	100 %
"	"	" " " " "	80 %
	n° 0,075		

- più del 60% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Miscela

La miscela di aggregati lapidei ed additivo minerale (filler) da adottare per il conglomerato bituminoso di usura drenante, dovrà presentare una granulometria complessiva ad andamento fortemente discontinuo compreso entro il fuso granulometrico di tab.C4.

Composizione granulometrica indicativa per USURA DRENANTE FONOASSORBENTE

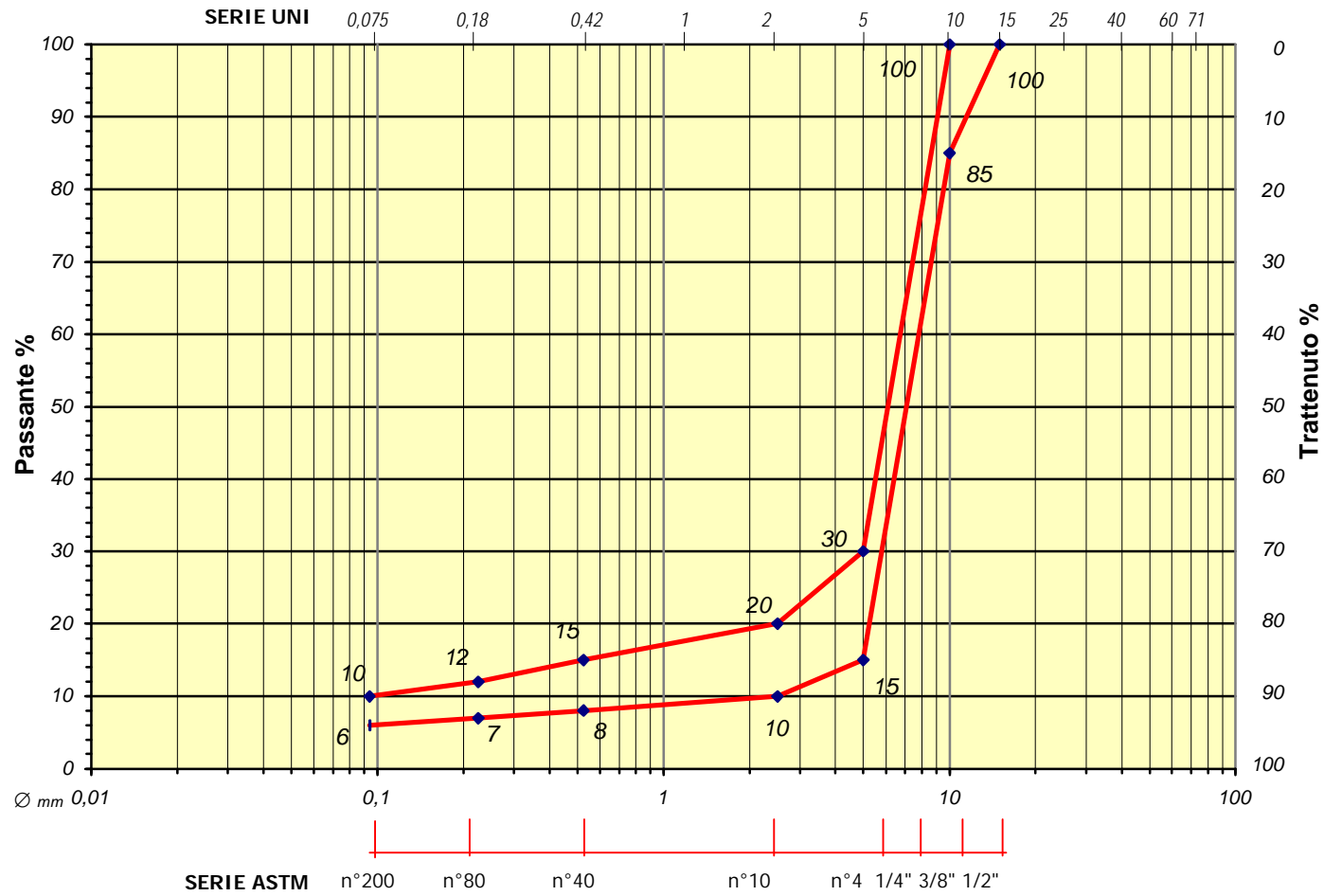
Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale (% in peso)
crivello 15	100
" 10	85 - 100
" 5	15 - 30
setaccio 2	10 - 20
" 0,4	8 - 15
" 0,18	7 - 12
" 0,075	6 - 10

Il fuso granulometrico è valido sia per lo spessore di 4 cm che per quello di 5 cm.



TAB. C4: CONGLOMERATO DRENANTE FONDOASSORBENTE

filler	sabbia	graniglia	pietrischetto	pietrisco
--------	--------	-----------	---------------	-----------



Legante

Bitume modificato scelto tra quelli previsti in tab.1; si suggerisce di utilizzare un bitume 50/70 classe 3. Il tenore di bitume, sarà compreso tra il 4,5 - 5,5 % sul peso degli inerti in relazione alla granulometria adottata ed alla natura degli aggregati lapidei e dell'additivo minerale. Tale dosaggio dovrà risultare dallo studio preliminare di laboratorio e deve comunque essere quello necessario e sufficiente per ottimizzare le caratteristiche del conglomerato bituminoso.

Rapporto filler / bitume

Il rapporto filler/bitume dovrà mantenersi tra 1,1 e 1,7.

Spessore minimo

Lo spessore minimo del tappeto drenante fonoassorbente, dovrà essere almeno pari a 4 cm.

Requisiti minimi del conglomerato

Il conglomerato per usura drenante fonoassorbente dovrà avere i requisiti minimi proposti nella tabella seguente:

Requisiti del conglomerato per USURA DRENANTE FONOASSORBENTE	Unità di misura	Valori	Norma di rif.
stabilità Marshall eseguita a 60°C (50 colpi /faccia)	kg	> 600	CNR - BU n° 30/73
rigidezza Marshall	kg/mm	> 250	CNR - BU n° 30/73
massa vol.delle carote indist. rispetto provini Marshall	%	> 96	CNR - BU n° 40/73
percentuale di vuoti residui	%	> 18	CNR - BU n° 39/73
resistenza a trazione indiretta (Brasiliana) a 25°C	kg/cmq	> 6	CNR - BU n° 134/91
perdita in peso alla prova Cantabro su provini Marshall	%	< 20	NLT 325/86
coefficiente di aderenza trasversale (15-90 gg.)	CAT	> 0,55	CNR - BU n° 147/92
macrorugosità superficiale (15-180 gg.)	HS	> 0,6	CNR - BU n° 94/83
capacità drenante eseguita in sito con permeometro *	L/min	> 16	
riduzione del livello sonoro **	db(A)	> 3	UNI - ISO 7188

(*) Capacità drenante eseguita con permeometro a colonna d'acqua di altezza 250 mm, su area di 154 cmq e spessore del manto compreso tra 4 e 5 cm.

(**) Il controllo della riduzione del livello sonoro, misurato ad una distanza dalla sede stradale non superiore a m.10 mediante fonometro, prima della stesa del conglomerato drenante/fonoassorbente e dopo la stesa, dovrà presentare un decremento non inferiore a 3 decibel.

Controllo dei requisiti di accettazione

Vedi NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI contenute nella PARTE I, con la sola eccezione delle avvertenze di seguito riportate.

AVVERTENZE

- Una volta accettata dalla D. L. la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

- Per le percentuali di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quello progettuale superiore a $\pm 0,3$. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Preparazione della superficie stradale

Prima di iniziare la stesa del conglomerato drenante e/o fonoassorbente, va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque e in particolare della canaletta di raccolta lungo la banchina laterale.

Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre $> 2,5\%$), questo deve essere risagomato; del pari vanno verificate le pendenze longitudinali.

E' necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnalatica orizzontale. Successivamente, in base alle caratteristiche del piano di posa, si procederà nei modi di seguito descritti:

- 1) Qualora lo strato drenante debba essere posizionato su una vecchia pavimentazione fresata, in buone condizioni, senza fessurazioni, verrà stesa come impermeabilizzazione una membrana sottile, realizzata con bitumi modificati, spruzzati a caldo (temperatura $> 180\text{ }^{\circ}\text{C}$) in ragione di $\text{kg } 1,2 \pm 0,2$ al mq, mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Per evitare l'adesione dei mezzi di cantiere alla membrana, danneggiandola, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia basaltica prebitumata avente pezzatura 4/8 mm, in quantità di circa 6-8 litri/ mq.

- 2) Nel caso in cui lo strato drenante debba essere realizzato su una vecchia pavimentazione fresata ma non in buone condizioni, fessurata, si metterà in opera una

membrana rinforzata (SAMI - Stress Adsorbing Membrane Interlayer). Tale membrana ha lo scopo di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente, impermeabilizzarla, prevenire la risalita di eventuali fessure dalla fondazione e distribuire le tensioni trasmesse dal passaggio dei veicoli. Per realizzarla si procederà con le modalità sopra descritte spruzzando bitume modificato in ragione di $\text{kg } 2,2 \pm 0,2$ al mq, con successiva granigliatura in quantità di circa 20 litri/mq. Quest'ultima operazione sarà seguita dal passaggio di rullo gommato e successivamente dalla motospazzatrice per l'asporto di graniglia non bene ancorata alla membrana.

- 3) Nel caso in cui lo strato drenante venga posto in opera su una pavimentazione in conglomerato bituminoso in buone condizioni, la mano d'attacco impermeabilizzante verrà eseguita con la spruzzatura di una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime previste dalla tab.2, effettuata mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di $\text{kg. } 1,5 \pm 0,2$ al mq e successiva granigliatura come descritto al punto 1.

Confezione e posa in opera delle miscele

Vedi NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI contenute nella PARTE III, con la sola eccezione delle avvertenze di seguito riportate.

AVVERTENZE

- Lo spessore dello strato di usura drenante deve essere posato per la sua intera altezza con una unica passata. Inoltre, confermato che la velocità delle vibrofinitrici deve essere al massimo di 4 m/min, devono essere limitate il più possibile le interruzioni della stesa evitando interventi manuali per la correzione di anomalie. Considerata la marcata rapidità di raffreddamento dello strato, dipendente dalla elevata porosità degli spessori, va interdetta la stesa a temperatura ambientale < 8 °C.

- La compattazione del conglomerato, dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato solo con rulli lisci non vibranti di idoneo peso (8 - 10 t) e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento di una densità pari al 97% della densità Marshall.

Giunti

Le giunzioni vanno realizzate a caldo mediante l'impiego di vibrofinitrici gemellate o comunque accoppiate e sfalsate. Per non ridurre la capacità drenante trasversale dello strato, è escluso il ricorso a mani d'attacco con legante bituminoso sul bordo freddo longitudinale della striscia realizzata in precedenza. Eccezionalmente si può riscaldare il bordo della striscia adiacente già stesa con il ristuccatore a raggi infrarossi montato sulla finitrice.

Controlli ad opera finita

Vale quanto prescritto al punto 3.6.4 con le integrazioni relative alla capacità drenante e alla riduzione del livello sonoro già specificate nella tabella dei requisiti del conglomerato.

4.2.1 – CONGLOMERATO DRENANTE DOPPIO STRATO (Note)

La pavimentazione drenante doppio strato costituisce l'evoluzione della pavimentazione drenante classica.

La nuova pavimentazione viene realizzata sovrapponendo, l'uno sull'altro, due strati drenanti di diverso spessore: 3-4 cm per lo strato inferiore, 1,5-2,5 per quello superiore.

Le miscele, entrambe drenanti, presentano diverse granulometrie; generalmente si usa un inerte calcareo 8/12 mm per lo strato inferiore, ed esclusivamente inerte basaltico 4/6 mm per lo strato superiore.

Questa realizzazione abbatta fortemente il rumore del traffico veicolare, riducendo l'emissione sonora di altri 2 db(A) rispetto alle pavimentazioni drenanti classiche, grazie alla granulometria più fine della miscela dello strato superiore.

Lo strato superiore è autopulente e funge da filtro per lo strato inferiore che, in tal modo, non occludendosi, mantiene inalterate le sue proprietà drenanti.

Estremamente importante è il legante modificato che deriva dai bitumi 50/70 di classe 3 ma con specifiche nettamente più spinte (punto di rammollimento > 80 °C, ritorno elastico > 90 %, viscosità a 160 °C > 600 mPa x s).

A titolo puramente indicativo si suggerisce una possibile curva per le miscele dei due strati:

Serie crivelli e setacci UNI	Strato superiore	Strato inferiore
crivello 15		60 - 100
" 10	100	14 - 50
" 8	20 - 100	
" 5	13 - 25	12 - 22
setaccio 2	10 - 18	10 - 20
" 0,4	8 - 15	8 - 15
" 0,18	7 - 14	7 - 14
" 0,075	7 - 12	6 - 12

- Si ricorda che l'applicazione di drenante doppio strato è la più tecnica delle pavimentazioni in bitume modificato e necessita dell'assoluta competenza di tutti gli addetti ai lavori.

AVVERTENZE

- Ammaloramenti e danneggiamenti su aree limitate vengono ovviati intervenendo sulla superficie comprendente l'avaria, larga quanto l'intera luce della corsia compresa tra due giunti verticali. Il taglio verticale di questa superficie da asportare si ottiene seguendo due traiettorie parallele alla direzione dello scorrimento superficiale dell'acqua e altre due diagonali e non perpendicolari a questa direzione. Il taglio, se praticato con lama a disco deve essere seguito dalla riapertura dei pori per la percolazione. Particolare cura va rivolta alla superficie superiore dello strato di collegamento evitando possibili ristagni d'acqua da neutralizzare con appropriato intervento.

- Procedimenti manuali vanno al più consentiti in aree limitatissime e meno sollecitate; così pure vanno assolutamente evitate le mani d'attacco in quanto, interrompendo la continuità dei vuoti, ostacolano il flusso dell'acqua drenata, quindi il movimento delle onde sonore e, di conseguenza, il loro assorbimento all'interno dello strato.

- Ripristinare sempre con conglomerato drenante ad elevata porosità. L'impiego di conglomerato tradizionale chiuso anche per ripristinare una semplice buca è fonte di grossi rischi e può causare gravi incidenti!

- Va particolarmente curato l'esercizio del manto drenante durante la stagione invernale in presenza di neve; è opportuno impiegare sali disgelanti composti da miscele di cloruro di sodio e cloruro di calcio (sali viscosi, salamoie, soluzioni sovrasature). Nel caso si usassero sali tradizionali, questi vanno dosati in ragione di kg/mq 8-16 anziché 4 - 8 come di solito.

4.3 - USURA ANTISDRUCCIOLO SMA (SPLITTMASTIX ASPHALT)

Descrizione

Il conglomerato bituminoso di usura antisdrucchio SMA è costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastato a caldo in appositi impianti con bitume modificato e talvolta con aggiunta di fibre organiche o minerali.

Questo conglomerato, chiuso e totalmente impermeabile agli strati sottostanti, viene proposto in alternativa al drenante fonoassorbente per le maggiori possibilità di applicazione e per la più semplice manutenzione. E' composto da una curva abbastanza discontinua i cui vuoti vengono però riempiti da un mastice di bitume modificato, filler e fibre organiche come la cellulosa, che gli conferiscono elevate proprietà meccaniche, una forte resistenza all'invecchiamento e un aspetto superficiale molto rugoso.

Esso è stato studiato per essere impiegato prevalentemente con le seguenti finalità

- migliorare l'aderenza in condizioni di asciutto e in caso di pioggia,
- impermeabilizzare e proteggere completamente lo strato o la struttura sottostante,
- attenuare il rumore di rotolamento dei pneumatici.

Inerti

Gli inerti impiegati nella confezione dell'asfalto antisdrucchio SMA dovranno essere costituiti da elementi sani, duri di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei e soddisfare le prescrizioni emanate dal CNR - BU n°139/1992.

Aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura diversa anche se preferibilmente basaltica, aventi forma poliedrica a spigoli vivi, che soddisfino i seguenti requisiti:

- quantità di frantumato		=100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 18 %
- coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(CNR - BU n°140/1992)	> 0,45
- coefficiente di forma " C _f "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 3
- coefficiente di appiattimento " C _a "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 1,58
- sensibilità al gelo	(CNR - BU n° 80/1980)	< 20 %
- spogliamento in acqua a 40 °C	(CNR - BU n°138/1992)	= 0 %

Aggregato fino (frazione < 4 mm)

L'aggregato fino, sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- perdita in peso Los Angeles LA (CNR - BU n° 34/1973 - Prova C) < 25 %
- equivalente in sabbia ES (CNR - BU n° 27/1972) >70 %

Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR - BU n° 139/92 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI	n° 0,18	passante in peso a secco	100 %
"	"	n° 0,075	80 %

- più del 60% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.
- Nella composizione della curva granulometrica dell'asfalto dovrà essere comunque presente il 2% in peso di filler costituito da calce idrata, calcolata sul peso totale degli aggregati componenti il conglomerato bituminoso.

Fibre minerali

Fibre minerali stabilizzanti costituite da microfibre di cellulosa, vetro o acriliche, possono essere inserite in ragione dello 0,20-0,30 % rispetto al peso degli inerti.

Miscela

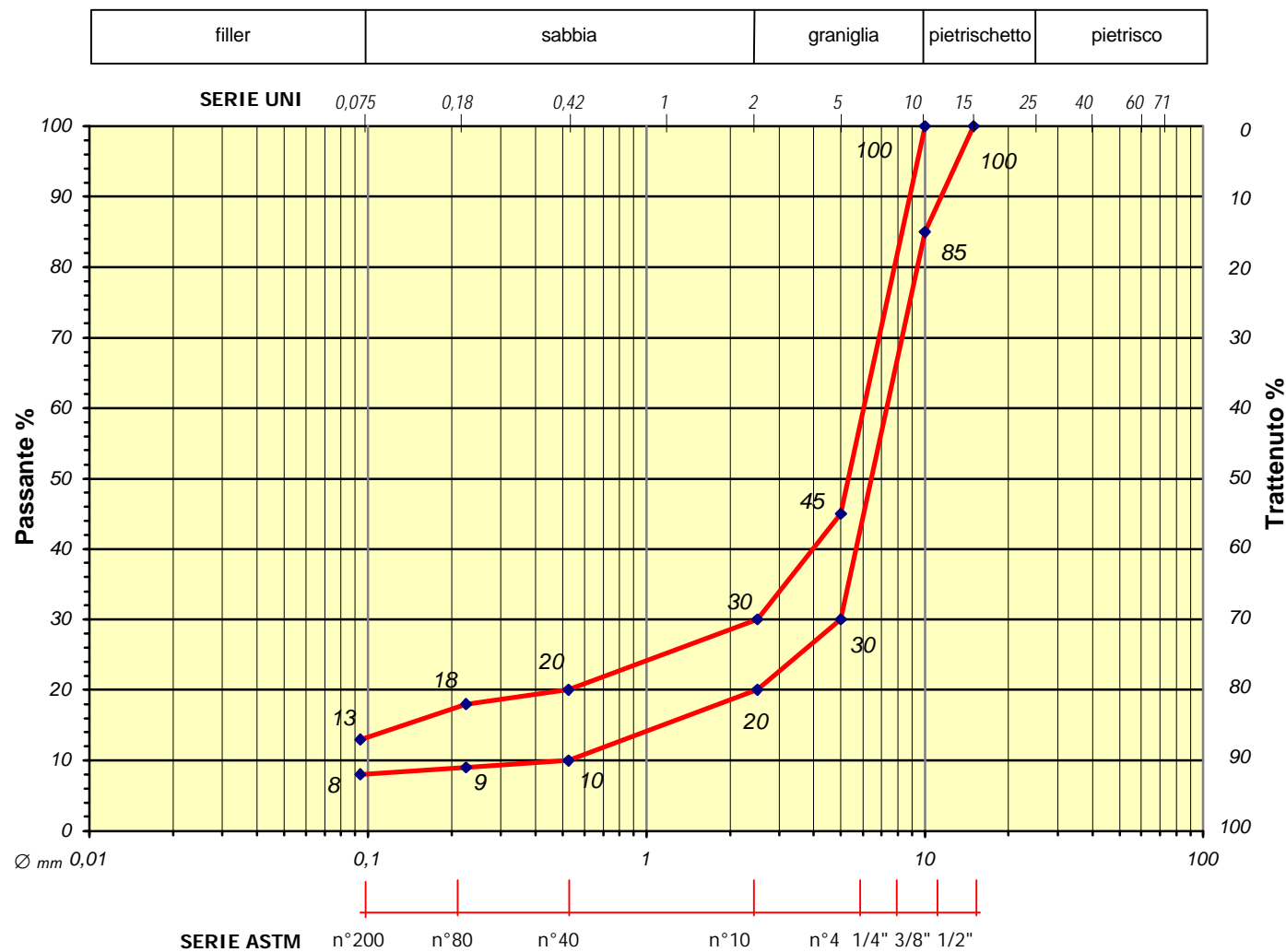
La miscela degli aggregati e della sabbia dovrà essere composta in modo da rientrare interamente nei limiti granulometrici del fuso di tab. C5.

Composizione granulometrica indicativa per USURA ANTISDRUCCIOLO SMA 0/10

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 15	100
" 10	85 - 100
" 5	30 - 45
setaccio 2	20 - 30
" 0,4	10 - 20
" 0,18	9 - 18
" 0,075	8 - 13



TAB. C5: CONGLOMERATO DI USURA ANTISDRUCCIOLO S.M.A. (SPLITTMASTIX ASPHALT)



- Legante

Il legante bituminoso idoneo per il confezionamento di conglomerati di usura antisdrucchio SMA, sarà bitume modificato scelto tra quelli previsti in tab.1; si suggerisce di utilizzare un bitume 50/70 di classe 3 o classe 4. Il tenore di bitume, sarà compreso tra il 5,5 - 7,5 % sul peso degli inerti in relazione alla granulometria adottata ed alla natura degli aggregati lapidei e dell'additivo minerale. Tale dosaggio dovrà risultare dallo studio preliminare di laboratorio e deve comunque essere quello necessario e sufficiente per ottimizzare le caratteristiche del conglomerato bituminoso.

Rapporto filler / bitume

Il rapporto filler/bitume dovrà mantenersi tra 1,1 e 1,7.

Spessore minimo

Lo spessore minimo del tappeto d'usura antisdrucchio SMA, dovrà essere almeno pari a 3 - 4 cm.

Requisiti minimi del conglomerato

Il conglomerato per usura antisdrucchio SMA dovrà avere i requisiti minimi proposti nella tabella seguente.

Requisiti del conglomerato per USURA ANTISDRUCCHIOLO (SMA)	Unità di misura	Valori	Norma di rif.
stabilità Marshall eseguita a 60°C (75 colpi /faccia)	kg	>1000	CNR - BU n° 30/73
rigidezza Marshall	kg/mm	> 350	CNR - BU n° 30/73
massa vol.delle carote indist. rispetto provini Marshall	%	> 97	CNR - BU n° 40/73
percentuale di vuoti residui	%	2 - 4	CNR - BU n° 39/73
resistenza a trazione indiretta (Brasiliana) a 25°C	kg/cmq	> 6	CNR - BU n°134/91
coefficiente di aderenza trasversale (15-90 gg.)	CAT	>0,55	CNR - BU n°147/92
macrorugosità superficiale (15-180 gg.)	HS	> 0,6	CNR - BU n° 94/83
impronta con punzone da mmq 500	mm	< 2	CNR - BU n°136/91

Controllo dei requisiti di accettazione

Vedi NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI contenute nella PARTE III, con la sola eccezione delle avvertenze di seguito riportate.

AVVERTENZE

- Una volta accettata dalla D. L. la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

- Per le percentuali di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quello progettuale superiore a $\pm 0,3\%$. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Confezione e posa in opera delle miscele

Vedi NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI contenute nella PARTE III, con la sola eccezione delle avvertenze di seguito riportate.

AVVERTENZE

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato solo con rulli lisci di idoneo peso (8-10 t) e caratteristiche tecnologiche avanzata in modo da assicurare il raggiungimento di una densità pari al 97% della densità Marshall.

Preparazione della superficie stradale

Prima di iniziare la stesa dell'usura antisdrucchiolo SMA (splittmastix asphalt), è necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale ed alla stesa di una adeguata mano di attacco, realizzata con bitumi modificati, che avrà lo scopo di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente, impermeabilizzarla e prevenire la propagazione delle fessurazioni dalla fondazione allo strato di usura.

La mano di attacco sarà eseguita con bitumi modificati stesi in ragione di $\text{kg } 1,0 \pm 0,2$ al mq , con apposite macchine spruzzatrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Per evitare l'adesione dei mezzi di cantiere, si dovrà provvedere allo spargimento, con apposito mezzo, di graniglia prebitumata avente pezzatura 8/12 mm, in quantità di circa 6-8 litri/ mq . In casi particolari o quando la D.L. o ritenga opportuno, si potrà realizzare la mano di attacco, utilizzando una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime previste dalla tab. 2, effettuata mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di $\text{kg } 1,5 \pm 0,2$ al mq . e successiva granigliatura come sopra descritto. L'eccesso di graniglia non legata, dovrà essere asportato mediante impiego di motospazzatrice.

4.4 - CONGLOMERATO AD ALTO MODULO COMPLESSO

Descrizione

Il conglomerato bituminoso ad alto modulo rappresenta una valida risposta al fabbisogno di resistenza di pavimentazioni stradali interessate da elevato traffico veicolare, specie se questo è costituito da una significativa componente di veicoli commerciali. Questo tipo di conglomerato è impiegato soprattutto negli strati di base e di collegamento allo scopo di aumentare la resistenza/durata delle pavimentazioni sottoposte a notevoli carichi statici e dinamici.

Uno strato di conglomerato ad alto modulo è più rigido di uno strato di conglomerato tradizionale di pari spessore e nel contempo è dotato di una elevata resistenza alla fatica, dovuta in prevalenza all'impiego di un bitume modificato che conferisce alla miscela una elasticità sufficiente a ridurre la fessurabilità del conglomerato sottoposto a carichi ciclici.

Il conglomerato ad alto modulo è stato studiato essenzialmente per:

- sopportare grossi carichi dinamici,
- minimizzare il rischio di deformazioni permanenti (ormaie),
- favorire la ripartizione dei carichi, riducendo i fenomeni di punzonamento,
- resistere maggiormente ai fenomeni di fatica e invecchiamento.

Uno studio adeguato della miscela accompagnato da una buona esecuzione in opera, possono consentire sensibili riduzioni degli spessori con notevoli risparmi sui costi di intervento.

Inerti: aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito esclusivamente da frantumati, ghiaie, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purchè alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti:

- quantità di frantumato		=100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 22 %
- coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(CNR - BU n° 140/1992)	> 0,40
- coefficiente di forma "C _f "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 3
- coefficiente di appiattimento "C _a "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 1,58
- spogliamento in acqua a 40 °C	(CNR - BU n° 138/1992)	= 0 %

Aggregato fino (frazione < 4 mm)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione. La sabbia sarà ricavata per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- perdita in peso Los Angeles LA (CNR - BU n° 34/1973 - Prova C) < 25 %
- equivalente in sabbia ES (CNR - BU n°27/1972) > 70 %

Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR - BU n° 23/1971 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI	n° 0,42	passante in peso a secco	100 %
" "	n° 0,18	" " " " " "	95 %
" "	n° 0,075	" " " " " "	90 %

- più del 60% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Legante

Il legante bituminoso idoneo per il confezionamento di conglomerati alto modulo, sarà bitume modificato scelto tra quelli previsti in tab.1; si suggerisce di utilizzare un bitume 10/30 o 30/50. Il tenore di bitume, sarà compreso tra il 4,5 - 6,0 % sul peso degli inerti in relazione alla granulometria adottata ed alla natura degli aggregati lapidei e dell'additivo minerale. Tale dosaggio dovrà risultare dallo studio preliminare di laboratorio e deve comunque essere quello necessario e sufficiente per ottimizzare le caratteristiche del conglomerato bituminoso. Inoltre, sottoposto a prove reometriche, alla frequenza di oscillazione di 1,0 Hz, il bitume modificato dovrà avere i valori di modulo complesso G^* e dell'angolo di fase δ^* compresi tra quelli di seguito elencati:

Temperatura (°C)	G^* (Pa)	δ^* (gradi)
10	> 10,0 E + 06	40 - 50
25	> 10,0 E + 05	50 - 60
40	> 10,0 E + 04	55 - 65

Rapporto filler/bitume

Il rapporto filler/bitume dovrà mantenersi tra 1,1 e 1,7.

Miscela

La miscela degli aggregati e della sabbia dovrà essere di volta in volta oggetto di studio approfondito, sottoponendo i campioni di laboratorio a deformazioni imposte e a cicli di carico.

Si propongono due diverse composizioni; un fuso A, rappresentativo di una miscela più grossa che favorisce maggiormente la capacità portante di un conglomerato ad alto modulo (tab.C6a) e un fuso B rappresentativo di una miscela più fina che favorisce la resistenza a fatica e si adatta a terreni più deformabili (tab. C6b).

Composizione granulometrica indicativa per il conglomerato ALTO MODULO

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso % FUSO (A)	Passante totale in peso % FUSO (B)
crivello 40	100	
" 30	88 - 100	100
" 20	68 - 90	80 - 100
" 10	48 - 70	60 - 80
" 5	31 - 56	48 - 65
setaccio 2	22 - 45	35 - 48
" 0,4	10 - 23	18 - 28
" 0,18	6 - 14	8 - 18
" 0,075	4 - 6	6 - 8

La D. L. si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà la curva granulometrica da adottare.

Spessore minimo

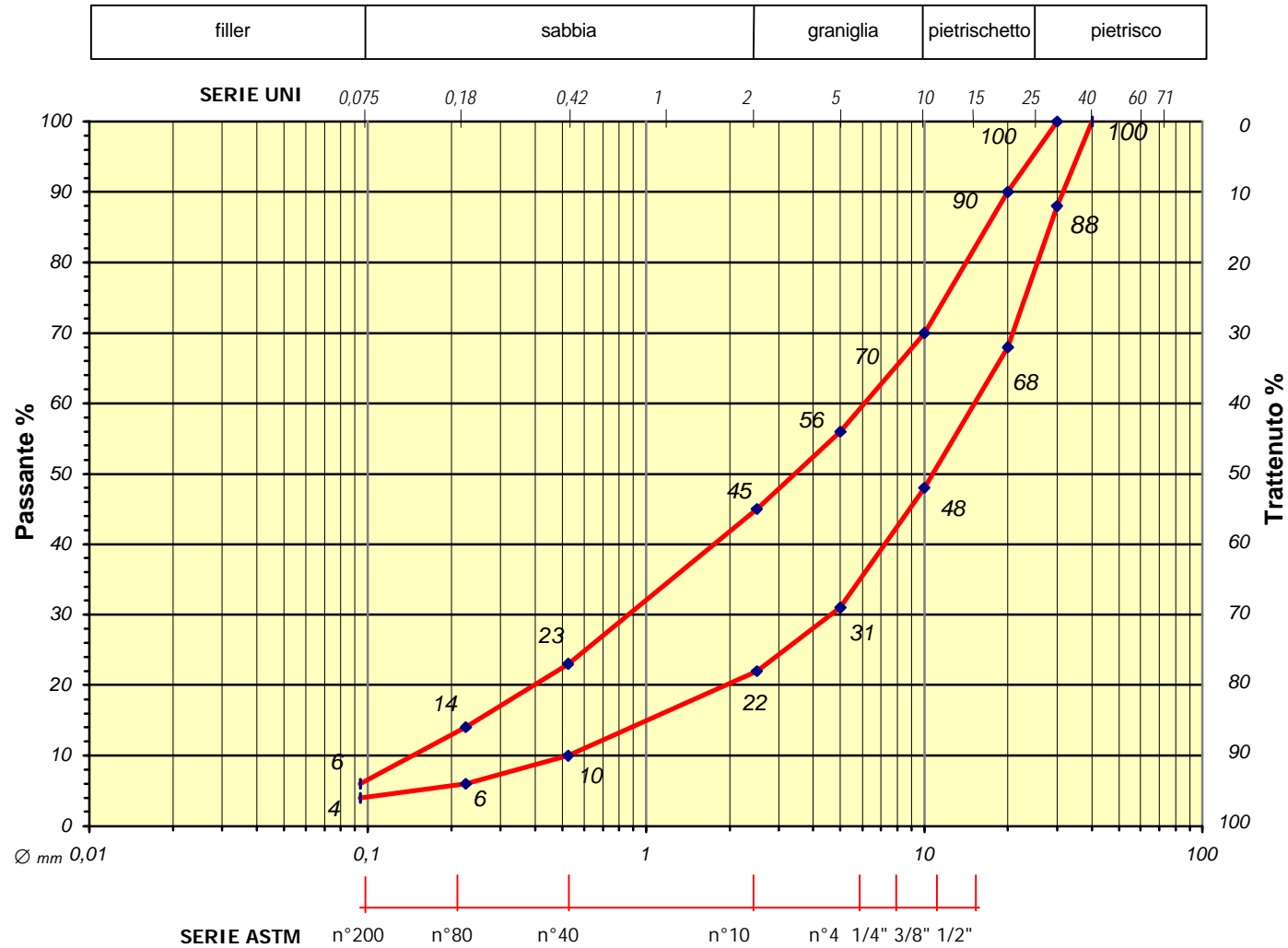
Lo spessore minimo del conglomerato ad alto modulo complesso dipende dalle valutazioni del progettista, tuttavia per il fuso A si può suggerire uno spessore minimo non inferiore a 12-14 cm, mentre per il fuso B lo spessore minimo sarà non inferiore a 8 - 10 cm.

Requisiti di accettazione

Il conglomerato bituminoso ad alto modulo dovrà possedere una resistenza meccanica elevatissima, cioè una grande capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le

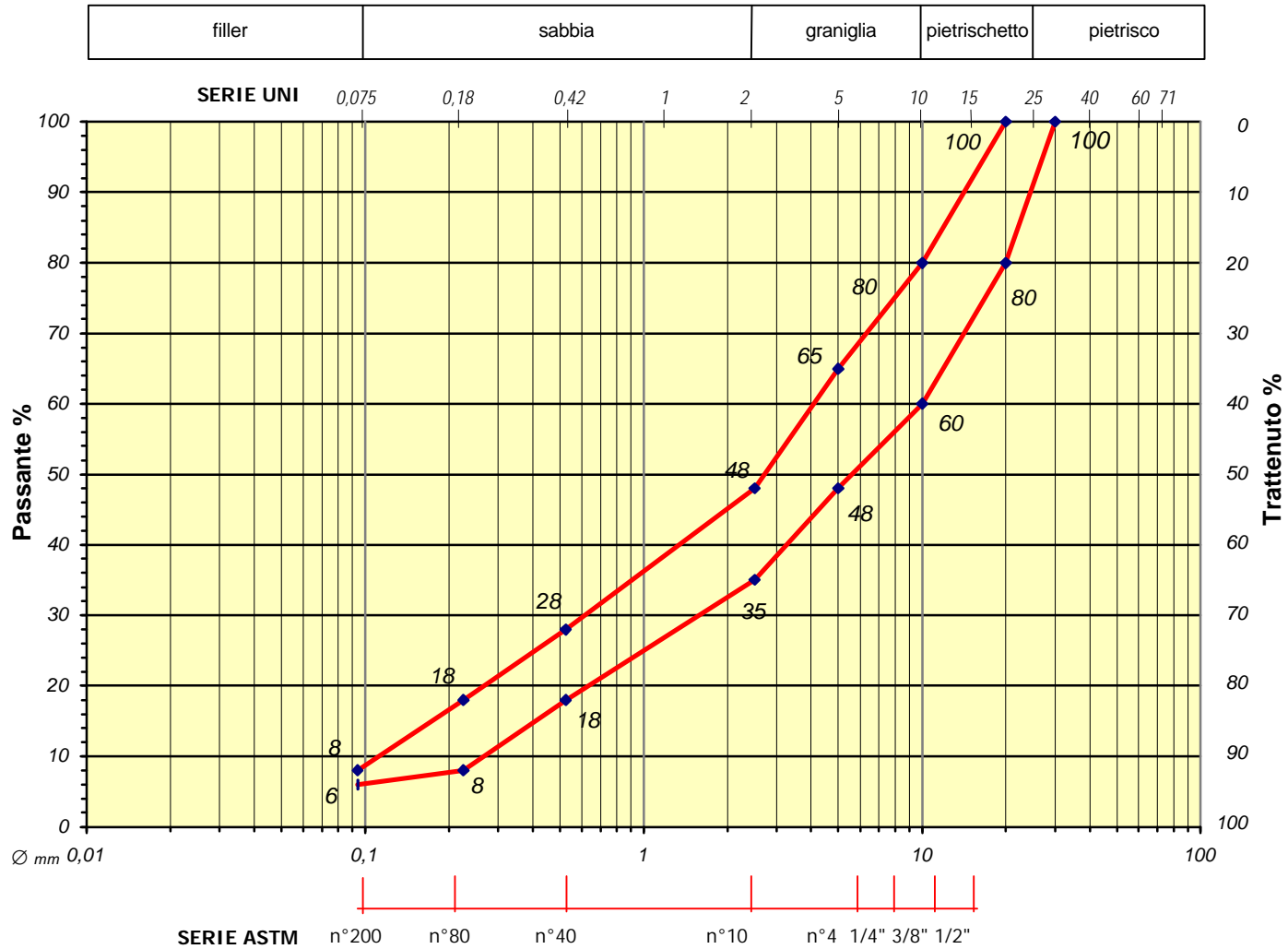


TAB. C6 a: CONGLOMERATO AD ALTO MODULO COMPLESSO





TAB. C6 b: CONGLOMERATO AD ALTO MODULO COMPLESSO



sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli, sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature.

Requisiti del conglomerato per ALTO MODULO COMPLESSO	Unità di misura	Valori	Norma di rif.
stabilità Marshall eseguita a 60°C (75 colpi /faccia)	kg	>1.500	CNR - BU n° 30/73
rigidezza Marshall	kg/mm	> 400	CNR - BU n° 30/73
massa volumica delle carote indist. rispetto provini Marshall	%	> 98	CNR - BU n° 40/73
percentuale di vuoti nei provini Marshall	%	3 - 5	CNR - BU n° 39/73
percentuale vuoti residui in opera	%	4 - 6	CNR - BU n° 39/73
resistenza a trazione indiretta (Brasiliana) a 25°C	kg/cmq	> 15	CNR - BU n°134/91
<u>modulo complesso</u> su carote prelevate in opera sottoposte a trazione e compressione a 10 Hz, con deformazione unitaria compresa tra 1 e 4 x10 ⁻⁵ a: 10° C 25 °C 40 °C	MPa x 1000	> 18 > 6 > 1,5	ASTM D 3497
<u>angolo di fase</u> su carote prelevate in opera sottoposte a trazione e compressione a 10 Hz con deformazione unitaria compresa tra 1 e 4 x10 ⁻⁵ a: 10° C 25 °C 40 °C	gradi	< 20 < 30 < 40	ASTM D 3497

Verranno dichiarati inaccettabili i conglomerati i cui valori si discostano oltre il 15% dai valori sopra esposti dedotti da studi preliminari.

Confezione e posa in opera della miscela

Vedi NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI contenute nella PARTE III, con la sola eccezione delle avvertenze di seguito riportate.

AVVERTENZE

- La compattazione dei conglomerati dovrà essere realizzata unicamente con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in azione subito dietro alla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Il rullo a pneumatici ottimale dovrà avere carico totale non inferiore a 21 t.

Potrà essere utilizzato il rullo tandem a ruote metalliche con peso minimo di 10 t solo per le operazioni di finitura superficiale e dei giunti.

4.5 - MICROTAPPETO A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL"

Descrizione

Il microtappeto tipo "slurry-seal" è un sottile strato di malta bituminosa impermeabile con funzione antiskid, costituita da una miscela di inerti selezionati e impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente. Il trattamento normalmente non richiede rullatura e la strada può essere aperta al traffico quasi immediatamente, perchè l'emulsione presenta la particolare caratteristica di rompersi poco dopo la stesa e quindi la malta assume le proprietà meccaniche in breve tempo (50 - 60 minuti circa).

Inerti

Gli inerti più grossi saranno costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, e dovranno soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento.

- quantità di frantumato		=100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 18 %
- coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(CNR - BU n° 140/1992)	> 0,45
- coefficiente di forma "C _f "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 3
- coefficiente di appiattimento "C _a "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 1,58
- sensibilità al gelo	(CNR - BU n° 80/1980)	< 20 %
- coefficiente di imbibizione	(CNR - BU n° 137/1992)	

L'aggregato fino, sarà costituito da sabbie ricavate per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

- quantità di frantumato		> 85 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973 - Prova C)	< 25 %
- equivalente in sabbia ES	(CNR - BU n° 27/1972)	> 80 %

Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325). Da segnalare anche la possibilità di impiegare una piccola quantità di fibre organiche o minerali per aumentare la coesione del legante.

Legante

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa modificata al 60 - 65% di bitume a rottura controllata. I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

Requisiti del bitume elastomerizzato	Unità di misura	Valori	Norme di rif.
penetrazione a 25°C	dmm	50 - 70	CNR - BU n° 24/71
punto di rammollimento	°C	> 60	CNR - BU n° 35/73
punto di rottura Fraas	°C	< - 15	CNR - BU n° 43/74

Dovranno essere impiegati attivanti chimici per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela. Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

Composizione e dosaggio della miscela

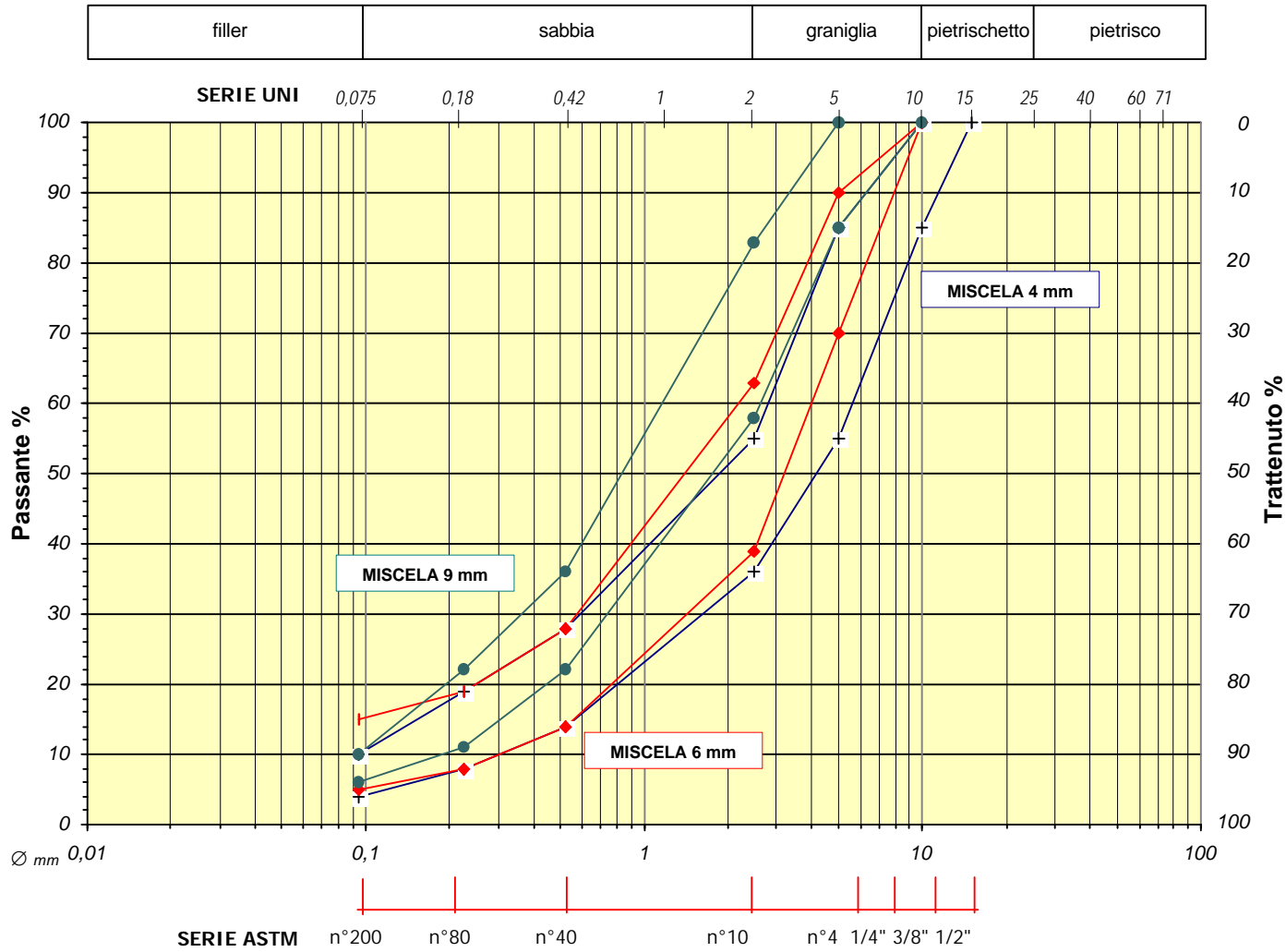
Normalmente si definiscono 3 miscele in funzione dello spessore finale richiesto che denomineremo: 9 mm, 6 mm, e 4 mm. Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica indicativa, compresa nei fusi rappresentati in tab.E1.

Composizione granulometrica indicativa per miscele tipo SLURRY-SEAL

crivelli e setacci UNI	miscela 9 mm	miscela 6 mm	miscela 4 mm
crivello 15	100		
" 10	85 - 100	100	100
" 5	55 - 85	70 - 90	85 - 100
setaccio 2	36 - 55	39 - 63	58 - 83
" 0,4	14 - 28	14 - 28	22 - 36
" 0,18	8 - 19	8 - 19	11 - 22
" 0,075	4 - 10	5 - 15	6 - 10



TAB. E1: MICROTAPPETO SUPERFICIALE MONOSTRATO



La D. L. si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà la curva granulometrica da adottare. Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D. L.

Malta bituminosa

I requisiti della malta bituminosa saranno quelli di seguito riportati:

Requisiti della malta bituminosa	Unità di misura	mm. 9	mm. 6	mm. 4
Dosaggio della malta	kg/mq	15 - 25	10 - 15	7 - 12
Dimensione max inerti	mm	10 - 13	7 - 9	5 - 6
Contenuto di bitume modif. residuo	% in peso sugli inerti	5,5 - 7,5	6,5 - 12	7,5 - 13,5

Confezionamento e posa

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- serbatoio dell'emulsione bituminosa
- tramoggia degli aggregati lapidei
- tramoggia del filler
- dosatore degli aggregati lapidei
- nastro trasportatore
- spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- spruzzatore dell'acqua
- mescolatore
- stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o a mezzo di mezzi meccanici.

Tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati. In alcuni casi a giudizio della D. L. dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la D. L. potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione dello "slurry-seal" a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia per 1 mq di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati. Al termine delle operazioni di stesa, lo "slurry-seal" dovrà presentare un aspetto regolare, uniforme, esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

AVVERTENZE

- In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura dovrà essere effettuata con almeno 5 passaggi di rullo gommato leggero con pressione di gonfiamento dei pneumatici di 3,5 atm oppure con rullo metallico da 8 - 10 t.

- La stesa dovrà essere uniforme e la velocità di avanzamento regolata secondo le qualità e gli spessori indicati dalla D. L. ed eseguita parallelamente all'asse stradale. Non dovranno avvenire fenomeni di segregazione della miscela durante le fasi di stesa e prima dell'inizio della rottura dell'emulsione.

- La bandella di gomma sul banco di stesa, svolge un ruolo fondamentale per la buona riuscita del lavoro; essa deve essere di buona qualità, non troppo rigida per non sollevare il pietrischetto steso e va sostituita ogni 2 o 3 giorni.

- La produzione o la posa in opera dello "slurry-seal" dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C ed in caso di pioggia.

- Si usa considerare buona la stesa se la percentuale di pietrisco che si distacca alla riapertura del traffico non supera il 3%.

4.6 - TRATTAMENTO SUPERFICIALE MONOSTRATO

Descrizione

Questo intervento manutentivo è utilizzato per piani viabili bitumati che presentano i primi sintomi di affaticamento dovuti al traffico, come la perdita della rugosità e conseguente riduzione del coefficiente di sicurezza e/o l'iniziale formazione di fessure superficiali. Il trattamento crea sulla superficie un manto impermeabile di spessore corrispondente in pratica al diametro massimo dell'inerte impiegato, avente caratteristiche di resistenza all'usura e rugosità variabile in funzione delle pezzature dell'inerte utilizzato. Il trattamento superficiale a freddo eseguito con emulsioni bituminose offre i seguenti vantaggi:

- impermeabilizza il manto stradale,
- non altera il profilo stradale,
- aumenta il coefficiente di aderenza, riducendo sensibilmente gli spazi di frenata,
- riduce notevolmente il fastidioso effetto di aquaplaning e dello spray,
- offre la possibilità di eseguire una lavorazione a "freddo", senza fumi ed esalazioni.

Inerti

Il materiale lapideo, ottenuto da frantumazione di rocce dure, dovrà essere di forma poliedrica, ben pulito ed esente da ogni traccia di polvere e argilla e dovrà presentare i seguenti requisiti:

- | | | |
|---|------------------------|---------|
| - quantità di frantumato | | = 100 % |
| - perdita in peso Los Angeles LA | (CNR - BU n° 34/1973) | < 18 % |
| - coefficiente di levigabilità accelerata CLA | (CNR - BU n° 140/1992) | > 0,45 |
| - coefficiente di forma "C _f " | (CNR - BU n° 95/1984) | < 3 |
| - coefficiente di appiattimento "C _a " | (CNR - BU n° 95/1984) | < 1,58 |
| - sensibilità al gelo | (CNR - BU n° 80/1980) | < 20 % |
| - spogliamento in acqua a 40 °C | (CNR - BU n° 138/1992) | = 0 % |

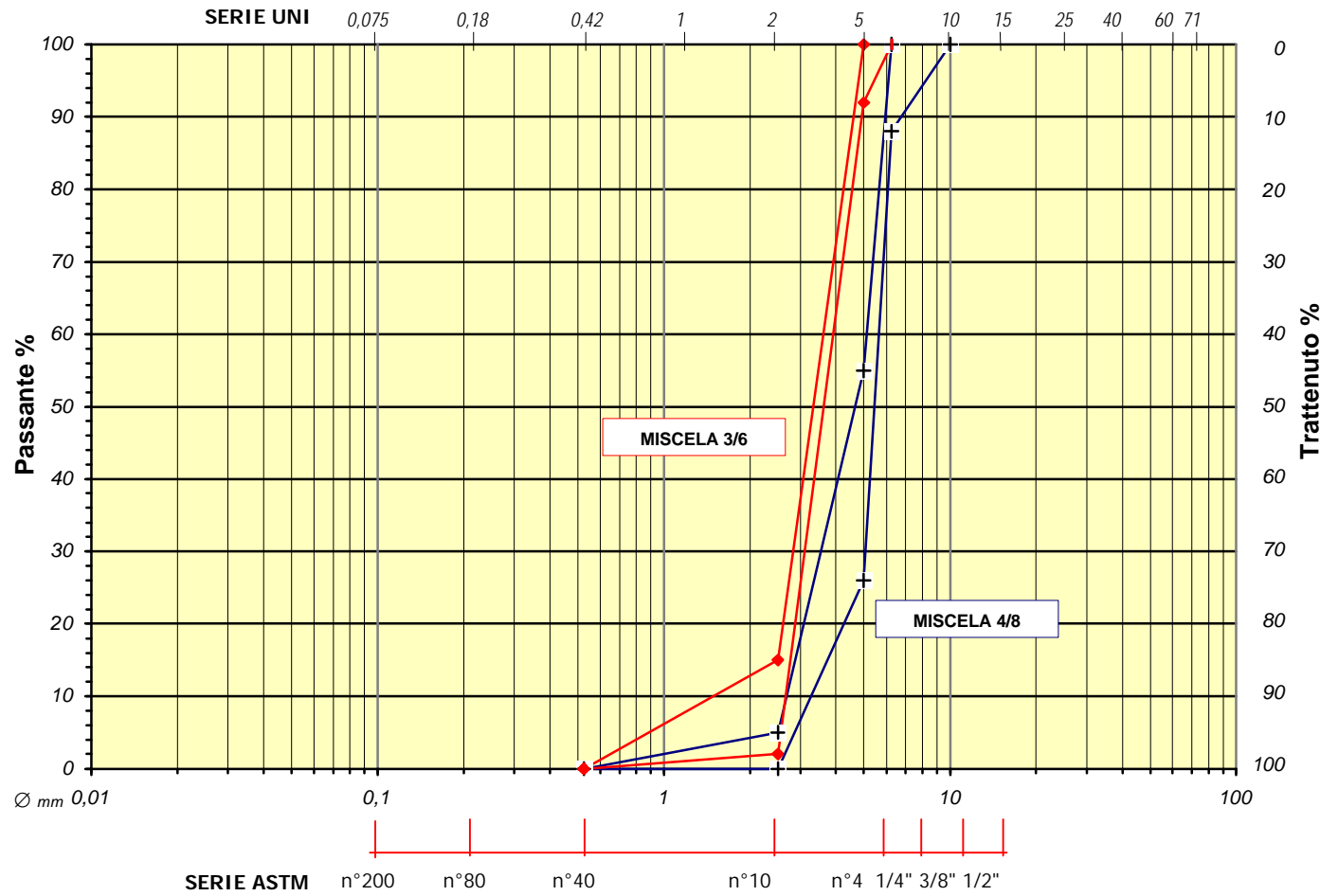
In tab.E2 si riportano due fusi granulometrici indicativi degli inerti maggiormente utilizzati per i TRATTAMENTI SUPERFICIALI MONOSTRATO:

Setacci ASTM	Apertura in mm	GRANIGLIA 4/8 mm	GRANIGLIA 3/6 mm
3/8"	9,50	100	
1/4"	6,25	88 - 100	100
n° 4	4,75	26 - 55	92 - 100
n° 10	2,00	0 - 5	2 - 15
n° 40	0,42	0	0
n° 80	0,18	0	0
n° 200	0,075	0	0



TAB. E2: MICROTAPPETO SUPERFICIALE MONOSTRATO

filler	sabbia	graniglia	pietriscetto	pietrisco
--------	--------	-----------	--------------	-----------



Il dosaggio consigliati degli inerti prevede:

- GRANIGLIA 4/8 mm l / mq = 6 - 7
- GRANIGLIA 3/6 mm l / mq = 4 - 6

Legante

Emulsione bituminosa cationica modificata con requisiti minimi previsti dalla tab.2 e di seguito riportati:

tab.2 - Emulsioni bituminose modificate per trattamenti monostrato

Caratteristiche	Unità di misura	Valori	Norme di riferim.
contenuto di acqua	% in peso	< 35	CNR - BU n°100/84
contenuto di bitume	% in peso	> 65	CNR - BU n°100/84
contenuto di flussante	% in peso	< 2	CNR - BU n°100/84
velocità di rottura demulsiva	% in peso	> 50	ASTM D 244
omogeneità	% in peso	< 0,2	ASTM D 244
sedimentazione a 5 gg.	% in peso	< 5	ASTM D 244
viscosità Engler a 20°C	°E	> 15	CNR - BU n°102/84
grado di acidità	pH	< 7	ASTM E 70

Il dosaggio dell'emulsione bituminosa potrà variare tra 1,3 - 1,5 kg/mq.

Caratteristiche del bitume emulsionato

Le caratteristiche del bitume emulsionato dovranno essere comprese tra quelle minime previste per i bitumi modificati riportati in tab.1.

Modalità di esecuzione del trattamento "MONOSTRATO"

Le modalità di esecuzione del trattamento monostrato prevedono una adeguata preparazione della pavimentazione esistente mediante risanamenti superficiali, seguita da una accurata pulizia della superficie stradale per eliminare polvere, terra e quant'altro presente.

La stesa verrà effettuata per mezzo di apposite autocisterne spanditrici dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile e di strumentazioni di controllo della quantità di emulsione, alla temperatura di 60 - 80°C. Si provvederà alla stesa immediata della graniglia, sparsa uniformemente a

mezzo di apposito spandi-graniglia in ragione dei dosaggi consigliati e rullatura finale con rullo compressore leggero da 6 - 7 t. Eventuali eccessi di graniglia, andranno eliminati con l'ausilio di una moto-spazzatrice.

AVVERTENZE

- *Le pezzature delle graniglie indicate nonchè i relativi quantitativi possono essere suscettibili di variazione in funzione delle esigenze della D. L..*
- *I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a + 10°C e in assenza di forte umidità (e ovviamente di pioggia).*
- *Fondamentale l'operazione di spazzatura dopo la stesa per evitare rischi di slittamento all'apertura del traffico.*
- *L'apertura al traffico dovrà avvenire sempre con velocità ridotta.*

4.7 - ALTRI INTERVENTI SPECIALI CON BITUME MODIFICATO

4.7.1 - RIPARAZIONE PICCOLE SUPERFICI E RISAGOMATURA DELLE ORMAIE

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nell' ambito della stessa carreggiata, sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati secondo esplicita richiesta della D. L.

In particolare dovranno essere impiegate squadre di lavoro attrezzate con frese, finitrici e rulli di idonee dimensioni per essere facilmente trasportate con carrellone ed in grado di realizzare il lavoro a perfetta regola d'arte.

In corrispondenza di fenomeni deformativi visco-plastici (ormaie) particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura, la fresatura dell'eccesso superficiale abbinata alla stesa di un microtappeto in conglomerato bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato.

Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione dei materiali inerti e dei leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno in tutto conformi a quanto già specificato nei paragrafi precedenti per i conglomerati bituminosi per strati di usura.

L'impiego di bitume modificato è indispensabile in questo tipo di applicazioni apparentemente semplici ma in realtà difficili e costose specie se il lavoro viene vanificato dal distacco delle pezze. Si suggerisce un legante modificato 50/70 - 65, con le caratteristiche minime riportate in tab. 1.

4.7.2 - SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o le microlesioni presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente dovranno essere effettuati tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata.

Se le lesioni sono molto diffuse la D. L. dovrà effettuare una attenta valutazione economica per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati nel seguito.

4.7.2.1 - SIGILLATURA DELLE LESIONI ESEGUITE CON EMULSIONE E SABBIA

Le sigillature dovranno essere realizzate con emulsione modificata con caratteristiche rispondenti alla tab.2 e sabbia umida con granulometria continua da 0 a 5 mm.

L'emulsione verrà distribuita con apposite vaschette dotate di ugello distributore o con attrezzature simili, previa soffiatura con aria compressa delle lesioni da sigillare. Seguirà lo spandimento della sabbia fino ad intasamento. Successivamente dovrà essere spazzata via la sabbia in eccesso.

Questo tipo di intervento può essere anche richiesto prima della stesa di un tappeto di rafforzamento quando il supporto presenta lesioni superficiali tali che non risulta conveniente realizzare interventi di sostituzione totale dello stesso supporto.

AVVERTENZE

- Si dovrà porre particolare attenzione nell'impiego dell'emulsione il cui eccesso può provocare punti pericolosi per il traffico.

4.7.2.2. - SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

La sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con bitumi modificati colati a caldo dovrà essere effettuata con idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità, riscaldamento delle pareti e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

In particolare queste attrezzature devono essere costituite da un idoneo compressore che attraverso una lancia munita di un dispositivo di riscaldamento, eroga aria calda a 1.000°C ed alla velocità superiore a 300 m/sec e una caldaia munita di sistema di riscaldamento regolabile capace di mantenere costante ed uniforme la temperatura del prodotto. Con il getto di aria calda immesso nelle fessure per mezzo della lancia termica si dovrà procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, alla eliminazione di eventuali tracce di umidità e riscaldamento delle pareti ad una temperatura intorno a 80°C.

Il sigillante sarà bitume modificato con le caratteristiche minime previste in tab.1, (si suggerisce una gradazione 50/70-65), uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida. Verrà poi versato con apposito dispositivo nell'interno della lesione fino alla sua completa otturazione, assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 3 cm. e profonda da 5 a 10 cm.

PARTE VNORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE
DEI LEGANTI E DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI5.1 - NORMATIVE DI RIFERIMENTO PER BITUMI, EMULSIONI, INERTI
E CONGLOMERATI BITUMINOSI**Bitumi semisolidi**

Norme per l'accettazione dei bitumi stradali	Normativa	CNR - Fasc. II	(1951)
Penetrazione	Normativa	CNR - BU n° 24	(29/12/71)
Punto di rammollimento	Normativa	CNR - BU n° 35	(22/11/73)
Punto di rottura	Normativa	CNR - BU n° 43	(06/06/74)
Duttilità	Normativa	CNR - BU n° 44	(29/10/74)
Solubil. in solv. organici	Normativa	CNR - BU n° 48	(24/02/75)
Perdita per riscaldamento	Normativa	CNR - BU n° 50	(17/03/76)
Perdita per riscaldamento in strato sottile	Normativa	CNR - BU n° 54	(10/03/77)
Contenuto di paraffina	Normativa	CNR - BU n° 66	(20/05/78)
Norme per l'accettazione dei bitumi (aggiorn.)	Normativa	CNR - BU n° 67	(22/05/78)
Norme per l'accettazione dei bitumi (aggiorn.)	Normativa	CNR - BU n° 68	(23/05/78)
Norme per la caratterizzazione dei bitumi	Normativa	CNR - BU n° 72	(22/12/79)
Campionatura dei bitumi	Normativa	CNR - BU n° 81	(31/12/80)
Ritorno elastico a 25°C	Normativa	DIN 52013	
Stabilità allo stoccaggio	Normativa	EN 13399	
Coesione	Normativa	PrEN	

Emulsioni bituminose

Norme per l'accettazione	Normativa	CNR - Fasc. III	(1958)
Campionatura delle emulsioni	Normativa	CNR - BU n° 98	(26/05/84)
Carica delle particelle	Normativa	CNR - BU n° 99	(29/05/84)
Contenuto di legante mediante distillazione	Normativa	CNR - BU n° 100	(23/07/84)
Contenuto di acqua	Normativa	CNR - BU n° 101	(16/07/84)
Viscosità Engler a 20°C	Normativa	CNR - BU n° 102	(23/07/84)
Trattenuto al setaccio 0,85 mm	Normativa	CNR - BU n° 103	(31/07/84)

Velocità di rottura	Normativa	ASTM D 244/94
Omogeneità	Normativa	ASTM D 244/94
Sedimentazione a 5 giorni	Normativa	ASTM D 244/94
Grado di acidità (ph)	Normativa	ASTM E 70/68

Aggregati lapidei

Analisi granulometrica con crivelli e setacci	Normativa	CNR - BU n° 23 (14/12/71)
Equivalente in sabbia	Normativa	CNR - BU n° 27 (30/03/72)
Perdita in peso (prova Los Angeles)	Normativa	CNR - BU n° 34 (28/03/73)
Sensibilità al gelo	Normativa	CNR - BU n° 80 (15/11/80)
Campionatura degli aggregati	Normativa	CNR - BU n° 93 (11/07/83)
Forma degli aggregati lapidei	Normativa	CNR - BU n° 95 (31/01/84)
Identificazione delle rocce	Normativa	CNR - BU n° 104 (27/11/84)
Coefficiente di imbibizione	Normativa	CNR - BU n° 137 (15/10/92)
Norme per l'accettazione di aggregati	Normativa	CNR - BU n° 139 (15/12/92)
Coefficiente di levigabilità accelerata CLA	Normativa	CNR - BU n° 140 (15/10/92)

Conglomerati bituminosi

Stabilità e scorrimento Marshall	Normativa	CNR - BU n° 30 (15/03/73)
Determinazione del contenuto di legante	Normativa	CNR - BU n° 38 (21/03/73)
Percentuale dei vuoti di una miscela	Normativa	CNR - BU n° 39 (23/03/73)
Determinazione del peso di volume	Normativa	CNR - BU n° 40 (30/03/73)
Campionatura dei conglomerati bituminosi	Normativa	CNR - BU n° 61 (05/05/78)
Prova macro-rugosità con altezza in sabbia	Normativa	CNR - BU n° 94 (15/10/83)
Resistenza attrito radente (skid test)	Normativa	CNR - BU n° 105 (15/03/85)
Deformabilità a carico costante (mod. compl.)	Normativa	CNR - BU n° 106 (10/04/85)
Trazione indiretta (Brasiliana)	Normativa	CNR - BU n° 134 (19/12/91)
Prova d'impronta	Normativa	CNR - BU n° 136 (27/12/91)
Spogliamento di una miscela in acqua	Normativa	CNR - BU n° 138 (15/10/92)
Coefficiente di aderenza trasversale CAT	Normativa	CNR - BU n° 147 (14/12/92)
Perdita in peso alla prova Cantabro	Normativa	NLT - 325/86
Modulo complesso	Normativa	ASTM D 34/97

5.2 - UNITA' DI MISURA SECONDO IL SISTEMA INTERNAZIONALE (S.I.)

Nel presente fascicolo sono state utilizzate le unità di misura più consuete; i valori possono essere convertiti nel Sistema Internazionale S.I. o in altri sistemi, con le seguenti tabelle:

Grandezza	Nome	Simbolo
Tempo	secondo	s
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Forza	newton	N
Pressione	pascal	Pa
Energia	joule	J
Potenza	watt	W
Tensione	volt	V
Temperatura	gradi Kelvin	K
Livello sonoro	decibel	
Frequenza	Hertz	Hz

FATTORI DI CONVERSIONE

<p><u>Forza</u></p> <p>1 N = 0,10197 kgf = 0,22481 lbf</p> <p>1 daN = 10 N</p> <p>1 kN = 1000 N</p> <p>1 kgf = 9,80665 N = 2,20462 lbf</p>	<p><u>Pressione</u></p> <p>1 Pa (Nm²) = 0,01 mbar = 0,004 in H₂O</p> <p>1 kPa (kN/m²) = 0,0102 kgf/cm² = 20,885 lbf/ft² = 0,145 lbf/in² (psi)</p> <p>1 lbf/in² (psi) = 0,07031 kgf/cm² = 144 lbf/ft²</p> <p>1 atm = 101,325 Kpa</p>
<p><u>Massa</u></p> <p>1 t = 1000 kg = 0,98420 ton (inglesi)</p> <p>1 cwt (UK) = 50,8023 kg</p> <p>1 cwt (USA) = 45,35 kg</p> <p>1 lb = 0,45359 kg</p> <p>1 oz = 28,349 g</p>	<p><u>Lunghezza</u></p> <p>1 dmm = 0,0001 m</p> <p>1 in = 2,54 cm</p> <p>1 ft = 12 in</p>
<p><u>Temperatura</u></p> <p>°C = °K - 273</p> <p>°F = 1,8 °C + 32</p>	<p><u>Energia</u></p> <p>1Btu = 1055 J</p> <p>1Kcal = 3,9683 Btu</p>
<p><u>Potenza</u></p> <p>1 hp = 0,746 KW</p>	