

**LAVORI DI RIFACIMENTO DEL
MANTO DI USURA DRENANTE
FONOASSORBENTE DEI RACCORDI
AUTOSTRADALI DI VENEZIA/MESTRE
E RISANAMENTO DELLE
PAVIMENTAZIONI DELLA RETE
AUTOSTRADE IN CONCESSIONE**

**CAPITOLATO SPECIALE
D'APPALTO**

NORME TECNICHE

INDICE

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI	1
ARTICOLO 1	1
<i>CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO</i>	<i>1</i>
ARTICOLO 2	1
<i>CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI</i>	<i>1</i>
NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI.....	3
ARTICOLO 3	3
<i>DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI</i>	<i>3</i>
3.1. - DEMOLIZIONE PAVIMENTAZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE.....	3
3.2. - DEMOLIZIONE DEGLI STRATI NON LEGATI DI FONDAZIONE.....	4
ARTICOLO 4	4
<i>FONDAZIONI A LEGANTE IDRAULICO O NON LEGATE</i>	<i>4</i>
4.1. - FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE	4
4.1.1. - DESCRIZIONE.....	4
4.1.2. - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	4
4.1.2.1. - Inerti.....	4
4.1.2.2. - Legante.....	5
4.1.2.3. - Acqua	5
4.1.3. - STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO.....	5
4.1.4. - FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	6
4.1.5. - POSA IN OPERA.....	6
4.1.6. - PROTEZIONE SUPERFICIALE	7
4.1.7. - NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI.....	7
4.2. - FONDAZIONE (O SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO	9
4.2.1. - DESCRIZIONE.....	9
4.2.2. - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
4.2.2.1. - Inerti.....	10
4.2.2.2. - Legante.....	11
4.2.2.3. - Acqua	11
4.2.3. - STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO.....	11
4.2.4. - MODALITÀ ESECUTIVE	11
4.2.5. - NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI.....	12
4.2.6. - PROTEZIONE SUPERFICIALE	12
4.3. - MISTO GRANULARE NON LEGATO PER FONDAZIONE	13
4.3.1. - DESCRIZIONE.....	13
4.3.2. - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	13
4.3.3. - STUDIO PRELIMINARE.....	14
4.3.4. - MODALITÀ ESECUTIVE	14
4.4. - TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE	16
4.4.1. - GENERALITÀ.....	16
4.4.2. - MATERIALI	16
4.4.2.1. - Terre.....	16
4.4.2.2. - Calce	16
4.4.2.3. - Acqua	17
4.4.3. - STUDIO PRELIMINARE.....	17
4.4.3.1. - Identificazione del terreno.....	18
4.4.3.2. - Studio delle miscele sperimentali.....	18
4.4.3.3. - Realizzazione del campo prova.....	19
4.4.3.4. - Scelta della miscela da utilizzare	21
4.4.4. - MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI.....	21
4.4.4.1. - Approvvigionamento e stoccaggio della calce	21
4.4.4.2. - Fasi esecutive	22
4.4.4.3. - Scotico del terreno.....	22
4.4.4.4. - Preparazione del terreno.....	22

4.4.4.6 - Miscelazione della calce con il terreno	23
4.4.4.7 - Compattazione e finitura	24
4.4.5 - CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SUI MATERIALI	24
4.4.5.1 - Calce	24
4.4.5.2 - Terre e miscele	25
4.4.5.3 - Umidità del terreno	25
4.4.5.4 - Fasi operative	25
4.4.5.5 - Controlli sul prodotto finale	25
ARTICOLO 5	26
<i>LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICANTI</i>	26
5.1. - LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI	26
5.1.1. - BITUMI DI BASE	26
5.1.2. - BITUMI MODIFICATI	27
5.2. - NORMATIVE DI RIFERIMENTO PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI	32
ARTICOLO 6	33
<i>CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO</i>	33
6.1. - CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BINDER, USURA	33
6.1.1. - DESCRIZIONE	33
6.1.2. - BITUME	33
6.1.3. - MATERIALI INERTI	33
6.1.4. - AGGREGATO GROSSO (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm)	33
6.1.4.1. - Strato di base	33
6.1.4.2. - Strato di collegamento (binder)	33
6.1.4.3. - Strato di usura	34
6.1.5. - AGGREGATO FINO (frazione di dimensioni minori di 2 mm)	34
6.1.6. - ADDITIVI	34
6.1.7. - MISCELE	34
6.1.7.1. - <u>Base</u>	35
6.1.7.2. - <u>Binder</u>	35
6.1.7.3. - <u>Usura</u>	36
6.1.8. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE	36
6.1.8.1. - strato di base	36
6.1.8.2. - strato di collegamento	36
6.1.8.3. - strato di usura	37
6.1.8.4. - Controllo dei requisiti di accettazione	37
6.1.8.5. - Formazione e confezione delle miscele	39
6.1.8.6. - Posa in opera	40
6.2. - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE, COLLEGAMENTO ED USURA CON LEGANTE MODIFICATO	42
6.2.1. - DESCRIZIONE	42
6.2.2. - BITUME	42
6.2.3. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE	42
6.2.3.1. - Controllo requisiti di accettazione	42
6.2.3.2. - Posa in opera delle miscele	43
6.3. - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI BASE E BINDER AD ALTO MODULO COMPLESSO	43
6.3.1 - DESCRIZIONE	43
6.3.2. - BITUME	43
6.3.3 - AGGREGATI	43
6.3.4 - MISCELA	44
6.3.5 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE	44
6.3.5.1. - Controllo dei requisiti di accettazione	44
6.3.5.2. - Confezione delle miscele	44
6.3.5.3. - Posa in opera delle miscele	45
6.4. - CONGLOMERATO BITUMINOSO MULTIFUNZIONALE PER STRATI DI USURA	45
6.4.1. - DESCRIZIONE	45
6.4.2. - BITUME	45
6.4.3 - AGGREGATI	45
6.4.4 - MISCELA	45
6.4.5 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE	46

6.4.5.1. - Controllo dei requisiti di accettazione.....	46
6.4.5.2. - Confezione delle miscele	46
6.4.5.3. - Posa in opera delle miscele	47
6.5. - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA SEMIDRENANTE E DRENANTE ...	47
6.5.1. – AGGREGATI.....	47
6.5.2 – LEGANTE.....	47
6.5.3. - MISCELA	47
6.5.4. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE	48
6.5.4.1. - Controllo dei requisiti di accettazione.....	49
6.5.4.2. - Confezione delle miscele	49
6.5.4.3. - Posa in opera delle miscele	49
6.6. - CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO "DOUBLE DRAINING LAYER" (DDL) AD ALTA CAPACITA' DRENANTE E FONOASSORBENTE.....	50
6.6.1 - DESCRIZIONE.....	50
6.6.3 - AGGREGATI.....	50
6.6.4 - MISCELE.....	50
6.6.5 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE	52
6.6.5.1. - Controllo dei requisiti di accettazione.....	52
6.6.5.2. - Confezione delle miscele	52
6.6.5.3 - Posa in opera delle miscele	52
6.7. - MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE TIPO SAMI	52
6.7.1 - DESCRIZIONE.....	52
6.7.2 - MODALITÀ ESECUTIVE	53
ARTICOLO 7	54
CONGLOMERATI BITUMINOSI RIGENERATI IN SITO	54
7.1. - DESCRIZIONE	54
7.1.1. - MATERIALI INERTI	54
7.1.2. - LEGANTE	54
7.1.3. - MISCELA	55
7.1.4. - CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE.....	56
7.1.5. - FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	56
7.1.6. - POSA IN OPERA DELLA MISCELA	57
ARTICOLO 8	58
8.1. - TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI	58
8.1.1. - IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA	58
8.1.2. - IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ'	58
8.2. - MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL).....	58
8.2.1. - DESCRIZIONE.....	58
8.2.2. - INERTI.....	58
8.2.3. - ADDITIVI	59
8.2.4. - ACQUA.....	59
8.2.5. - LEGANTE	59
8.2.6. - MISCELE.....	59
8.2.7. - COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA	60
8.2.8. - CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA	60
ARTICOLO 9	62
CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	62
9.1. ADERENZA.....	62
9.1.1. - PENALITÀ	62
9.2. – REGOLARITÀ	63
9.2.1. - PENALITÀ	63
9.3. - NORMA PER LA VALUTAZIONE DELLO SPESSORE DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE.....	64
9.4. - NORMA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUANTITA' DELLE MANI DI ATTACCO	65
9.4.1. - PENALITÀ	65
9.5. - COMPATTAZIONE	65
9.6. - ATTIVITA' DI CONTROLLO DEI MATERIALI E DELLE LAVORAZIONI	66
<u>PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI</u>	66
<u>IN CORSO D'OPERA ALLA STESA</u>	67
<u>IN CORSO D'OPERA ALL'IMPIANTO</u>	68
<u>TERMINE LAVORI – PROVE ALTO RENDIMENTO</u>	68

ARTICOLO 10	69
DRENAGGI	69
10.1. - DRENAGGI TRADIZIONALI	69
<i>(esterni alle zone pavimentate - uso indicativo)</i>	69
10.2. - DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO".....	69
10.3. - DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO.....	70
ARTICOLO 11	71
SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA	71
11.1. - SIGILLATURA DELLE LESIONI ESEGUITE CON EMULSIONE E SABBIA	71
11.2. - SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	71
11.3. - SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA.....	72
ARTICOLO 12	72
ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE	72
12.1. - DESCRIZIONE	72
12.2. - CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE	72
12.3. - CASO DEL RAPPEZZO LOCALIZZATO	73
12.4. - CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)	73
ARTICOLO 13	73
RIPARAZIONE PICCOLE SUPERFICI	73
PARTE III.....	74
NORME RELATIVE A LAVORI DI PAVIMENTAZIONI	74
ARTICOLO 14	74
CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO	74
14.1 - CONGLOMERATI BITUMINOSI DI NUOVA REALIZZAZIONE.....	74
14.2 - CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI.....	74
ARTICOLO 15	75
RISANAMENTI DI STRUTTURE AMMALORATE	75
ARTICOLO 16	76
DISPOSIZIONI PARTICOLARI	76
<i>L'apertura dei singoli cantieri di lavoro è subordinata all'approvazione della D.LL. competente che deve coordinare l'esecuzione dei lavori oggetto del presente appalto con quella di eventuali altri lavori manutentori nello stesso tratto autostradale, sulla base dei programmi di lavoro presentati dall'Impresa.</i>	76
NORME PER LA COMPILAZIONE DELLE TABELLE INFORMATIVE NEI CANTIERI	77

PARTE I

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Articolo 1

CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO

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

In ogni caso i materiali prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutata una qualsiasi provvista come non idonea 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 riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni agli istituti di fiducia ed indicati dalla Società appaltante, nonché per le corrispondenti prove di esami.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, 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 Direzione dei Lavori, i quali saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

Nel caso che alcuni materiali da costruzione vengano forniti direttamente dalla Società, come previsto dall'art. 23 delle Norme Generali d'Appalto, l'Impresa, con il loro impiego, resterà la sola responsabile circa la qualità dei materiali stessi.

In ragione delle caratteristiche qualitative (temperatura, ecc..) richieste dalle presenti norme tecniche per il conglomerato bituminoso, il relativo impianto di produzione e confezionamento dovrà essere situato ad una congrua distanza (stimata dalla Stazione Appaltante in circa 70 km) dal luogo di intervento.

Articolo 2

CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI

Con riferimento a quanto stabilito nell'articolo 1 i materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

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

a) Acqua :

dovrà essere dolce, limpida, per quanto possibile esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 10816 del 05.11.1971 (D.M. 16.06.1976 e successivi aggiornamenti).

b) Leganti idraulici - Calci aeree - Pozzolana :

dovranno corrispondere alle prescrizioni:

- della legge 26.05.1965 n° 595 “*Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici*”;
- D.M. 03.06.1968 che approva le “*Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi*” (G.U. n° 180 del 17.07.1968).
- D.M. 20.11.1984 “*Modificazione al D.M. 03.06.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi*” (G.U. n° 353 del 27.12.1984).
- Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n° 26 del 31.01.1985).
- D.I. 09.03.1988 n° 126 “*Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi*”.
- delle “*Norme per l'accettazione delle calci aeree*” R.D. 16.11.1939 n°2231;
- delle “*Norme per l'accettazione della pozzolana e dei materiali con comportamento pozzolanico*” R.D. 16.11.1939 n°2230;
- di altre eventuali successive norme che dovessero essere state emanate dai competenti Organi.

c) Aggregati per la costruzione del corpo stradale:

dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalla Norma UNI EN 13242:2008 “*Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade*” ed essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

d) Aggregati per l'uso nelle pavimentazioni stradali:

dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalla Norma UNI EN 13043:2004 “*Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico*” ed essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

e) Bitumi, Emulsioni bituminose:

dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti rispettivamente dalla Norma UNI EN 12591:2002 “*Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali*”, UNI EN 14023:2006 “*Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri*” e UNI EN 13808:2005 “*Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose*” ed essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme per l'esecuzione dei lavori.

PARTE II

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme tecniche d'appalto eseguiti dalle Imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Committente con congruo anticipo ed approvati dalla D.LL.

Articolo 3

DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

3.1. - DEMOLIZIONE PAVIMENTAZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE.

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

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

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

Non saranno tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata tra cresta e gola superiore a 0.5 cm.

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti dalla D.LL. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della demolizione dovrà corrispondere in tutti i suoi punti a quanto stabilito dalla D.LL. e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale dello scavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o sub-corticali dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.LL. munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

La non idonea pulizia delle superfici potrà provocare una penalizzazione sul prezzo di elenco del 15%.

La demolizione dello strato legato a bitume potrà essere effettuata con uno o più passaggi di fresa, secondo quanto previsto dal progetto o prescritto dalla D.LL.; nei casi in cui si debbano effettuare più passaggi, si avrà cura di ridurre la sezione del cassonetto inferiore formando un gradino tra uno strato demolito ed il successivo di almeno 20 cm di base per ciascun lato.

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

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

3.2. - DEMOLIZIONE DEGLI STRATI NON LEGATI DI FONDAZIONE

La demolizione dell'intera sovrastruttura può anche essere effettuata con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della D.LL. ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti verticali dello scavo dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

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

L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita.

Articolo 4

FONDAZIONI A LEGANTE IDRAULICO O NON LEGATE

4.1. - FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

4.1.1. - DESCRIZIONE

Il misto cementato per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore finito di 20 cm.

Altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori a 20 cm e non superiori a 30 cm.

4.1.2. - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

4.1.2.1. - Inerti

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli aggregati per strati di fondazione legati a legante idraulico dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13242:2008 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della D.LL. potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio da 0,063 mm.

Per le granulometrie possibili, detti materiali potranno anche essere integrati con ceneri volanti.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (UNI EN 933-1:2004);

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
25 mm	100
20 mm	80-100
16 mm	66-87
8 mm	41-61
4 mm	24-39
2 mm	18-30
0,5 mm	9-19
0,063 mm	5-10

- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) non superiore a 30% in peso;
- equivalente in sabbia (UNI EN 933-8:2000) compreso fra 30 e 60%;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005) uguale a zero (materiale non plastico)

4.1.2.2. - Legante

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 32.5.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti. E' possibile sostituire parzialmente questa percentuale con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione. Orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche, scaturirà da apposite prove di laboratorio. Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

4.1.2.3. - Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

4.1.3. - STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

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

La quantità di acqua e di legante e delle eventuali ceneri volanti con cui effettuare l'impasto sarà preliminarmente determinata in laboratorio, per via sperimentale, mediante provini cilindrici su cui determinare la densità del secco, il carico di rottura a compressione, la resistenza a trazione indiretta, secondo la norma UNI EN 12390-6:2002

Le prove di resistenza saranno eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (UNI EN 13286-47:2006) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3.242 cm³). Per il confezionamento dei provini, gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura al setaccio 22.4 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

I campioni da confezionare in laboratorio dovranno essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua. Saranno confezionati almeno tre campioni ogni 250 m di lavorazione.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato e 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello $51 \pm 0,5$ mm, peso pestello $4,535 \pm 0,005$ kg, altezza di caduta 45,7 cm).

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

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

I provini dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 3,5 MPa (N/mm²) e non superiori a 6,5 MPa (N/mm²), ed a trazione indiretta secondo la prova "brasiliiana" non inferiori a 0,35 MPa (N/mm²).

Per particolari casi è facoltà della D.LL. accettare valori di resistenza a compressione fino a 9,5 MPa (N/mm²) (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa $\pm 15\%$, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

4.1.4. - FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

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

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

4.1.5. - POSA IN OPERA

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla D.LL. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti gommate a 4 assi o cingolate dei tipi approvati dalla D.LL. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10.000 kg. per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18.000 kg;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18.000 kg.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla D.LL., delle stesse caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 35°C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della D.LL., potrà essere consentita la stesa a temperature diverse.

In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

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

4.1.6. - PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% (tab. 5.A1) in ragione di $1 \div 2 \text{ Kg/m}^2$, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

4.1.7. - NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata, periodicamente, la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti percentuali fino al passante al crivello n° 5 e di ± 2 punti percentuali per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 100% nelle prove AASHTO modificato di cui al punto 4.1.3. nel 98% delle misure effettuate. Il valore del modulo di deformazione M_d al 1° ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 1,5 e 2,5 daN/cm², rilevato in un tempo compreso fra 3 e 12 ore dalla compattazione non dovrà mai essere inferiore a 200 MPa (N/mm²).

La D.LL. si riserva la possibilità di eseguire misure di deflessione con deflettometro a massa battente, tipo F.W.D., dopo la stesa dello strato o anche a pavimentazione completata.

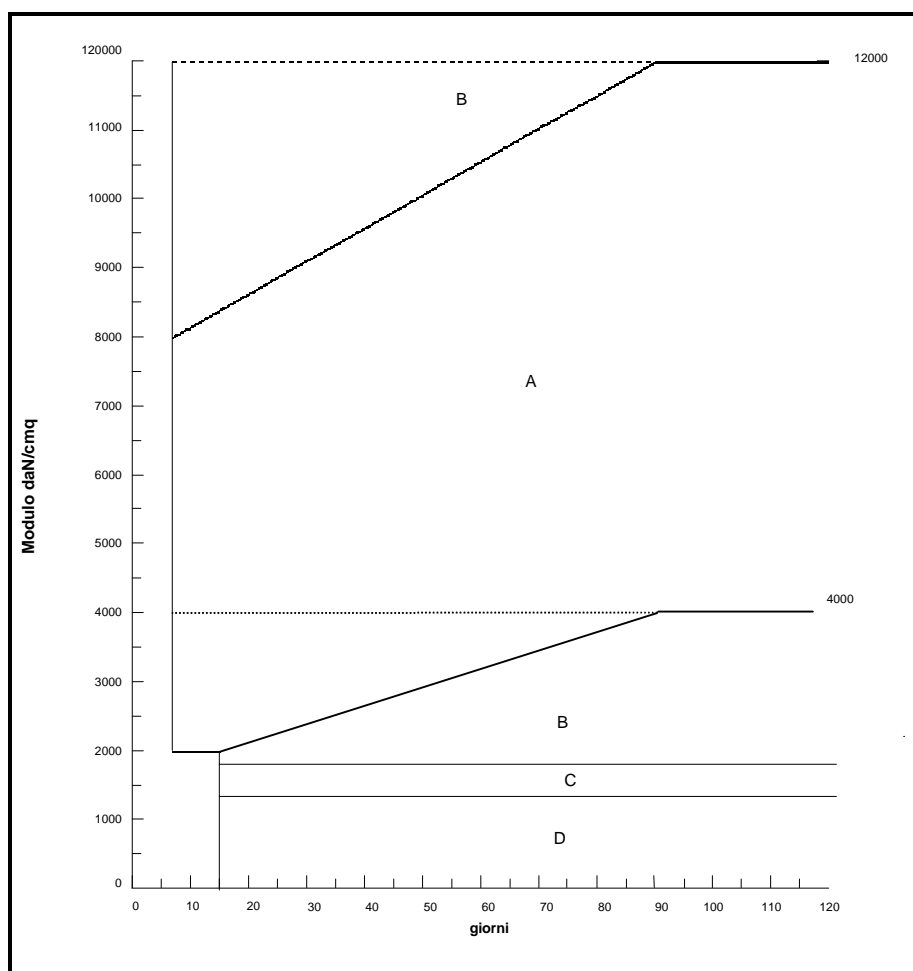
I valori del modulo elastico dinamico della fondazione in misto cementato derivati da tali misure dovranno ricadere in un campo di valori ben preciso indicato nel seguito.

Si farà riferimento al valore medio del modulo in daN/m² che caratterizza ciascuna tratta omogenea in cui è possibile raggiungere i valori dei moduli risultanti dalle misure di F.W.D. effettuate ogni 100 m e riguardanti tratte del lavoro uniformi per tipologia (trincea, rilevato, piano di campagna ecc.).

Per tratte omogenee si intendono quei tratti di strada di almeno 400 m di lunghezza nei quali cioè ricadono almeno 4 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale".

Le tratte omogenee saranno individuate automaticamente da un opportuno programma di calcolo.

Tali misure andranno eseguite almeno sette giorni dopo la stesa ed il valore del modulo medio dovrà ricadere nel riquadro indicato con la lettera A nel diagramma seguente.



Qualora i valori delle medie ricadano nei riquadri indicati con le lettere B, C, D, la pavimentazione completa sarà penalizzata con riduzione del prezzo di elenco in ogni suo strato, e per il tratto omogeneo risultato non accettabile, in proporzione della sua minor durata e particolarmente:

- per modulo ricadente in B saranno effettuate detrazioni del 20%;
- per modulo ricadente in C saranno effettuate detrazioni del 30%;
- per modulo ricadente in D saranno effettuate detrazioni del 50%.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali e tale scostamento non potrà essere che saltuario.

Lo spessore stabilito dovrà avere tolleranze in difetto non superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone con spessore in difetto sarà effettuato un deprezzamento del 30%.

4.2. - FONDAZIONE (O SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO

4.2.1. - DESCRIZIONE

Il misto cementato per fondazione (sottobase) con miscelazione in sito sarà costituito da una miscela di inerti costituenti la preesistente fondazione in misto granulare

o da materiale nuovo da miscelare in sito, mediante idonei miscelatori (pulvimixer), dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore complessivo di 25 cm.

Altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori a 20 cm e non superiori a 30 cm.

4.2.2. - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.2.2.1.- Inerti

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli aggregati per strati di fondazione legati a legante idraulico dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13242:2008 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

Nel caso di impiego della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille) e la rispondenza alle prescrizioni granulometriche (UNI EN 933-1:1999) indicate nel fuso seguente:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
63 mm	100
40 mm	88-100
32 mm	79-100
20 mm	63-90
8 mm	39-66
4 mm	22-49
2 mm	15-40
0,5 mm	7-24
0,063 mm	2-10

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

L'indice di plasticità dovrà essere inferiore a 10 e comunque il prodotto finale dovrà avere le caratteristiche a compressione e a trazione a 7 giorni di seguito prescritte.

Nel caso di impiego di misto granulare nuovo la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) non superiore a 30% in peso.

L'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005) dovrà risultare uguale a zero.

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
63 mm	100
40 mm	87-100
32 mm	79-100
20 mm	75-95
8 mm	43-60
4 mm	30-43
2 mm	18-30
0,5 mm	9-20
0,063 mm	5-10

4.2.2.2. - Legante

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

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 325.

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

E' possibile sostituire parzialmente questa percentuale con cenere di carbone del tipo leggero (cenere volante) di recente produzione.

Orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 30% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche, scaturirà da apposite prove di laboratorio.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

4.2.2.3 - Acqua

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

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

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi.

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno procedere alla miscelazione con eccesso di acqua ed eventualmente riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

4.2.3. - STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 4.1.3.

4.2.4. - MODALITÀ ESECUTIVE

La demolizione degli strati legati a bitume, realizzata secondo quanto definito al precedente art. 3.1., dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla D.LL. e che comunque non dovrà essere inferiore a 4,5 m alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti di strisciata dei vari strati eventualmente gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,0 m.

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

La ricostruzione dello strato di fondazione sarà effettuata mediante la posa in opera di uno strato in misto granulare e/o uno strato di misto cementato confezionato in centrale secondo disposizioni della D.LL.

Nei casi di fondazione in misto granulare parzialmente compromessa (al di sotto del 50% della superficie dello scambio da risanare) si dovrà provvedere alla sostituzione dei materiali non idonei con materiali nuovi (di caratteristiche granulometriche uguali a quelle del materiale fresco d'apporto descritte al punto 4.2.2.1.), salvo diverso avviso della D.LL.

La rimozione della parte di strato da trattare dovrà essere realizzata mediante scarifica con idonea pala cingolata munita di "rippers" per uno spessore non inferiore a 25 cm (dovrà essere controllata la validità dalla D.LL.).

Il cemento o la miscela cemento-cenere preventivamente omogeneizzata a secco in impianto caricando da due silos diversi lo stesso distributore da usare in sito, nelle quantità stabilite, verrà distribuita in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori.

Se inizia a piovere durante questa operazione, si renderà necessario interrompere la distribuzione del cemento ed iniziare immediatamente la miscelazione del cemento con il misto granulare.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla D.LL. in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 25 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo.

La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali: pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C.

Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18°C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente.

Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della D.LL.

Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento.

Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e di risagomatura; dovranno comunque essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della D.LL., da una eventuale ulteriore umidificazione, dovrà essere realizzato come indicato al punto 4.1.5.

4.2.5. - NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 4.1.7.

4.2.6. - PROTEZIONE SUPERFICIALE

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 4.1.6.

4.3. - MISTO GRANULARE NON LEGATO PER FONDAZIONE

4.3.1. - DESCRIZIONE

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio ISO 565 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla D.LL.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla D.LL.

4.3.2. - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli aggregati per strati di fondazione legati a legante idraulico dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13242:2008 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;

b) la granulometria deve essere compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
63 mm	100
40 mm	88-100
20 mm	62-90
8 mm	35-69
4 mm	23-53
2 mm	15-40
0,5 mm	8-24
0,063 mm	2-10

il rapporto tra il passante al setaccio 0,063 mm ed il passante al setaccio 0,50 mm deve essere inferiore a 2/3;

c) la perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature deve essere inferiore al 30% in peso;

d) l'equivalente in sabbia eseguito secondo la norma UNI EN 933-8:2000; deve essere compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 65 potrà essere modificato dalla D.LL. in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35 la D.LL. richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma.

Indice di portanza C.B.R.¹ dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al setaccio 20 mm) non minore di 50.

E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, d, e, salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

4.3.3 - STUDIO PRELIMINARE

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla D.LL. mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

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

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della D.LL. in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

4.3.4. - MODALITÀ ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

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

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.LL. con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento dello strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova di costipamento, eseguita secondo la Norma UNI EN 13286-2:2005 "*Miscela non legate e legate con leganti idraulici - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor*" con il procedimento AASHTO modificato.

¹ UNI EN 13286-47:2006 "*Miscela non legate e legate con leganti idraulici: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento*"

Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$d_r = \frac{d_i * P_c * (100 - x)}{100 * P_c - x * d_i}$$

in cui:

d_r = densità della miscela priva degli elementi di dimensione superiore a 25 mm;

d_f = densità della miscela "tal quale" (comprensiva, cioè, dell'inerte con dimensioni superiori a 25 mm);

P_c = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 25 mm, compresa tra il 25 e il 40%.

In tal caso, nella stessa formula, al termine x dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso del trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione M_d , misurato con il metodo di cui all'art. 4.1.7., ma nell'intervallo compreso fra 1,5 e 2,5 Kg/cm², non dovrà essere inferiore a 100 MPa (N/mm²).

In ogni caso è possibile ricavare il modulo elastico dinamico reale calcolato tramite valori rilevati in opera con prove dinamiche tipo F.W.D. effettuate sullo strato di fondazione.

La media dei valori di modulo in MPa ricavata da misure effettuate ogni 100 m e riferite a tratti omogenei del lavoro di almeno 400 metri di lunghezza dovrà risultare superiore a 185 MPa (N/mm²).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

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

4.4 - TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

4.4.1 - GENERALITÀ

Si intende per stabilizzazione di una terra, una miscelazione intima di terra e calce ed eventualmente acqua tale da produrre un miglioramento significativo, in genere a medio e/o a lungo termine, delle proprietà fisico-meccaniche della miscela risultante che la rendano stabile alle azioni dell'acqua e del gelo.

4.4.2 - MATERIALI

4.4.2.1 - Terre

Sono idonei al trattamento a mezzo di calce i terreni limosi e/o argillosi dei gruppi A6 e A7, del gruppo A5 quando di origine vulcanica od organogena o ghiaie limo-argillose dei gruppi A2-6 e A2-7 altrimenti non utilizzabili, che dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria	rientrante nel fuso granulometrico riportato nella Norma CNR B.U. n. 36
Indice di plasticità	> 10
Sostanze organiche	< 2% (a)(c)
Solfati totali (solfati e solfuri)	< 0,25% (b)
Nitrati	< 0,1%
Contenuto d'acqua	$W_n \leq 1,3 W_{opt}$ (standard)(d)

Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato dalla Direzione Lavori. In ogni caso l'indice di plasticità dovrà essere $I_p > 5$.

La terra da stabilizzare dovrà essere libera di vegetazione e di qualsiasi altro materiale estraneo.

Nota: (a) Questo valore può essere superato fino al valore del 4% nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza, deformabilità e durabilità richiesti.

Nota: (b) I terreni con contenuto di solfati totali >1% non sono idonei al trattamento a calce; le terre con un contenuto di solfati totali compreso tra 1% e 0,25% potrebbero, in casi eccezionali essere accettati, e comunque dopo uno specifico studio di laboratorio. Italferr sulla base dello studio effettuato deciderà l'idoneità o meno della terra.

Nota: (c) Sono consentite prove colorimetriche, per la valutazione preliminare del contenuto di sostanze organiche, ai sensi della norma UNI 1744-1. Nel caso di esito positivo della suddetta prova, si procederà alla verifica in laboratorio chimico secondo la norma NF P 94-055. Al fine di ottenere una correlazione fra la scala dei colori della prova colorimetrica ed i risultati analitici della prova AFNOR, dovranno essere eseguiti dei confronti sui campioni del medesimo terreno da trattare; i risultati della taratura del metodo colorimetrico saranno sottoposti all'approvazione di Italferr.

Nota: (d) L'umidità W_n è quella del terreno naturale da trattare; W_{opt} (standard) è da intendersi quella ottimale ottenuta dalla prova di compattazione Proctor Standard della miscela terra-calce.

4.4.2.2 - Calce

Tipi di calce

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere sfusa;
- calce aerea viva macinata sfusa.

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è sempre preferibile all'uso della calce idrata soprattutto nei casi nei quali i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo per il costipamento.

La calce idrata e/o viva confezionata in sacchi non dovrà essere utilizzata.

Entrambi i tipi dovranno rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231 del 16 novembre 1939 ed inoltre dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche Chimiche

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO ₂	≤ 5%	-
Titolo in ossidi liberi		
(CaO+MgO) ^(*)	≥ 84%	-
Tenore in MgO	≤ 10%	≤ 8%
Titolo in idrati totali (CaOH ₂)	-	> 85%
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	≤ 5%	≤ 5%
Umidità	-	≤ 2%

Nota ^(*) : La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO dovrà essere effettuata secondo la formula $(1000 - I - 2.27 * CO_2 - X)$ dove:

I = percentuale di impurezze (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ + SO₃);

X è la percentuale di acqua legata chimicamente

Caratteristiche granulometriche	Calce Viva	Calce Idrata
Passante al setaccio 2 mm	100%	100%
Passante al setaccio 0.2 mm	≥ 90%	-
Passante al setaccio 0.075 mm	≥ 50%	≥ 90%

4.4.2.3 - Acqua

L'acqua utilizzata non dovrà contenere apprezzabili quantità di sostanze organiche e/o inorganiche che possano inibire le reazioni chimiche del trattamento (es. acque salmastre, con contenuto di oli, solfati, cloruri, etc.).

4.4.3 - STUDIO PRELIMINARE

Scopo dello studio delle miscele è quello di raggiungere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno, con il minimo impiego di calce e tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Per verificare la compatibilità del terreno al trattamento a calce dovranno essere prelevati dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

Sulla base dei risultati ottenuti su questi campioni dovranno essere definite delle fasce di terreno "omogeneo", inteso come terreno che dovrà essere trattato con il medesimo quantitativo di calce.

Nel caso in cui il terreno sia trattato in situ dovranno essere prelevati n. 1 campione ogni volta che il terreno abbia caratteristiche differenti e in ogni caso almeno 1

ogni 1000 m² secondo uno schema a maglie e comunque rappresentativo dell'area da trattare.

Qualora il terreno da trattare provenga da una cava di prestito, dovrà essere prelevato un campione per ogni quantitativo di terreno omogeneo e comunque almeno 1 ogni 2000 mc.

Il terreno da prelevare in cava dovrà essere identificato mediante scavi di pozzetti e/o sondaggi di profondità adeguata per individuare l'omogeneità del fronte di scavo.

Qualora il terreno da trattare provenga da scavi di linea potrà essere classificato mediante campionatura in cumulo o su strati di materiale steso prima della miscelazione con calce e con frequenza di un campione rappresentativo ogni 2000 mc.

Per i terreni provenienti dallo scavo di pali e diaframmi le modalità e le frequenze di campionamento verranno definite caso per caso in relazione alle caratteristiche specifiche dei terreni interessati; tali terreni potranno essere utilizzati solo previa approvazione della D.LL.

Prima di dare inizio alle lavorazioni, si dovrà effettuare uno studio di laboratorio per definire la formulazione della miscela attraverso:

- l'identificazione del terreno;
- lo studio delle miscele sperimentali;
- realizzazione del campo prova;
- la scelta della miscela da utilizzare.

4.4.3.1 - Identificazione del terreno

Per trattamenti di terre in sito si preleveranno campioni da pozzetti esplorativi ogni 2000 m² e comunque con distanze reciproche tra questi non superiori ai 200 m e profondità almeno pari a quella del suolo da trattare; quando si presume che le caratteristiche del suolo siano più variabili di quanto sopra contemplato si incrementerà opportunamente la frequenza di campionamento.

Si procederà alla classificazione geotecnica di laboratorio per la determinazione dei seguenti parametri:

- composizione granulometrica mediante setacciatura a umido, con la determinazione del diametro massimo, della percentuale del passante a 2 mm, a 0.4 mm e a 0.075 mm;
- indice di plasticità.

Sulla base delle prove suddette dovranno essere individuate le superfici e/o i volumi omogenei e rappresentativi dei terreni oggetto dello studio.

Per ogni campione rappresentativo di ciascuna superficie e/o volume omogeneo, dovranno essere determinati:

- curva granulometrica cumulativa;
- indici di consistenza e di plasticità;

- contenuto d'acqua (W_n);
- contenuto in solfati e solfuri;
- contenuto in sostanza organica;
- contenuto in nitrati;
- caratteristiche di costipamento mediante prova di costipamento Proctor Standard, con determinazione di umidità ottima (W_{opt});
- indice CBR;
- indice CBR immediato (IPI).

4.4.3.2 - Studio delle miscele sperimentali

Le prove di laboratorio su un terreno proposto per il trattamento hanno lo scopo di stabilire:

- a) le regole che forniscono il dosaggio in calce del trattamento in funzione dell'IPI e del contenuto d'acqua previsto al momento della messa in opera. I risultati dovranno essere forniti sotto forma di diagrammi ed abachi come esemplificato nella fig. 1;
- b) la compatibilità del trattamento in relazione ai requisiti dell'opera prescritti nel par. 3.2.5.

Per quanto si riferisce al punto a), la procedura comprenderà la sperimentazione su più miscele necessarie alla formulazione di diagrammi come quelli di fig. 1, a partire da campioni della frazione granulometrica del materiale ≤ 20 mm, con riferimento ai corrispondenti valori dell'IPI.

Lo studio delle miscele dovrà essere così formulato. Si determinerà il **consumo iniziale di calce** (di seguito indicato con **CIC**) ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi.

A partire da una percentuale minima di calce pari al determinato valore del CIC, dovranno essere preparate diverse miscele terra-acqua-calce aumentando dello 0,5% il contenuto di calce.

In ogni caso la percentuale iniziale di calce utilizzata nello studio non dovrà essere $< 2\%$ (riferito al peso del secco del terreno) ed il numero minimo di miscele da esaminare non dovrà essere inferiore a tre.

Per le diverse miscele sperimentali dovranno essere effettuati:

- Analisi granulometrica continua.
- Indice di plasticità e di consistenza.
- Indice CBR imbibito (a 7 e 28 giorni).
- Indice IPI. Si ricercherà la minima percentuale di calce che consenta di ottenere un IPI > 10 .
- Prova Proctor Standard.
- Prova di compressione semplice (a 1, 7 e 28 giorni).
- Prova di rigonfiamento lineare e volumetrico delle miscele con IPI >10 . Si dovrà verificare, per ciascun provino, un aumento di volume rispetto al provino appena compattato inferiore al 1%.
- Prove di taglio diretto C D a 28 giorni di maturazione su campioni "tal quali" e dopo completa saturazione in acqua (per un tempo massimo di 7 giorni), costipati con energia AASHTO Standard e umidità pari a W_{opt} , e $W_{opt} \pm 2\%$.

4.4.3.3 - Realizzazione del campo prova.

Ultimato lo studio delle miscele sperimentali dovrà essere predisposto un campo prova per verificare su scala reale i dati ottenuti in laboratorio, per verificare i dati di progetto nonché per mettere a punto le metodologie di esecuzione dei rilevati di linea (metodo di compattazione di ogni singolo strato, metodo di ammorsamento fra uno strato e il successivo, modalità di profilatura delle scarpate, protezione delle superfici finite).

Per questo scopo, quando è previsto il trattamento a calce delle terre del piano di posa dei rilevati e per le sedi in trincea, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di larghezza 4 m e di lunghezza utile 30 m.

Quando è previsto il trattamento a calce delle terre da impiegare per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di dimensioni utili in sommità 4 m x 50 m (escluse le rampe di accesso degli automezzi nel caso dei rilevati).

Dovranno essere messi in opera diversi schemi di rullatura, scelti in funzione del terreno da compattare, per verificare ed eventualmente ottimizzare le operazioni di compattazione.

Dovranno essere sperimentate almeno 2 miscele tra quelle ritenute idonee dallo studio di laboratorio e che soddisfino la stabilità globale dell'opera.

Il terreno da utilizzare per il campo prova dovrà rispondere ai requisiti di cui al punto 3.2.3.1 e i risultati, opportunamente certificati, dovranno essere riportati in un'apposita relazione.

Per quanto riguarda il corpo del rilevato, esso dovrà essere costituito da almeno 3 strati di terreno trattato, aventi ciascuno uno spessore di 30 cm dopo la compattazione.

Inoltre per la realizzazione del campo prova, sia per il piano di posa sia per gli strati del corpo del rilevato dovranno essere effettuate le operazioni che seguono.

- Dovrà essere tarata la spanditrice di calce per il controllo del dosaggio.
- Prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele.
- Dopo la miscelazione dovrà essere di nuovo controllato il valore del contenuto d'acqua.
- La miscela dovrà essere poi compattata secondo schemi di rullatura prefissati.
- Il prodotto finale dovrà essere controllato mediante la determinazione del modulo di deformazione, con piastra da 30 cm, ed il suo andamento nel tempo. Le misure dovranno essere effettuate per ogni strato almeno al tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), a 24h, a 3gg e a 7gg su almeno 5 punti appartenenti ad una porzione di rilevato omogenea, sia per la miscela che per le modalità di compattazione. Solo all'ultimo strato verranno effettuate le misure anche a 30gg dalla compattazione.
- Dovranno inoltre essere misurati i valori del CBR sul terreno trattato per il campo prova, delle densità in situ e del contenuto d'acqua nelle porzioni di terreno vive in vicinanza dei punti di misura del modulo su piastra.
- Si dovranno determinare, mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati dal terreno trattato, le caratteristiche meccaniche in termini di coesione ed angolo di attrito interno in condizioni drenate e non (c' , ϕ' , c_u), sia nelle condizioni "tal quali" (28 giorni) che nelle condizioni, dopo 28 giorni di maturazione, indicate nel seguito:
 - 5 cicli di imbibizione ed essiccamento, ciascuno composto da completa imbibizione in acqua per almeno 4 giorni ed essiccamento per 24 h in forno a 105°C;
 - completa saturazione in acqua per almeno 7 giorni.

I valori dei parametri di resistenza così determinati dovranno garantire la stabilità del corpo del rilevato (condizioni a breve e a lungo termine). Per ogni campione provato verranno determinati peso di volume, densità secca, umidità e grado di saturazione.

- Dovrà essere determinato, sulla base delle prove di densità in situ di cui al par. 3.2.5.5, il valore medio di riferimento $\gamma_{d,med}$, da utilizzare secondo i criteri di cui al suddetto paragrafo. $\gamma_{d,med}$ rappresenta la media di tutte le prove di densità in situ condotte nel campo prova.

- Dovrà essere controllato lo spessore dello strato finito.
- Dovrà essere verificata l'idoneità delle metodologie esecutive previste (protezione degli strati, ammorsamento fra gli strati, fuori sagoma, riprofilatura).

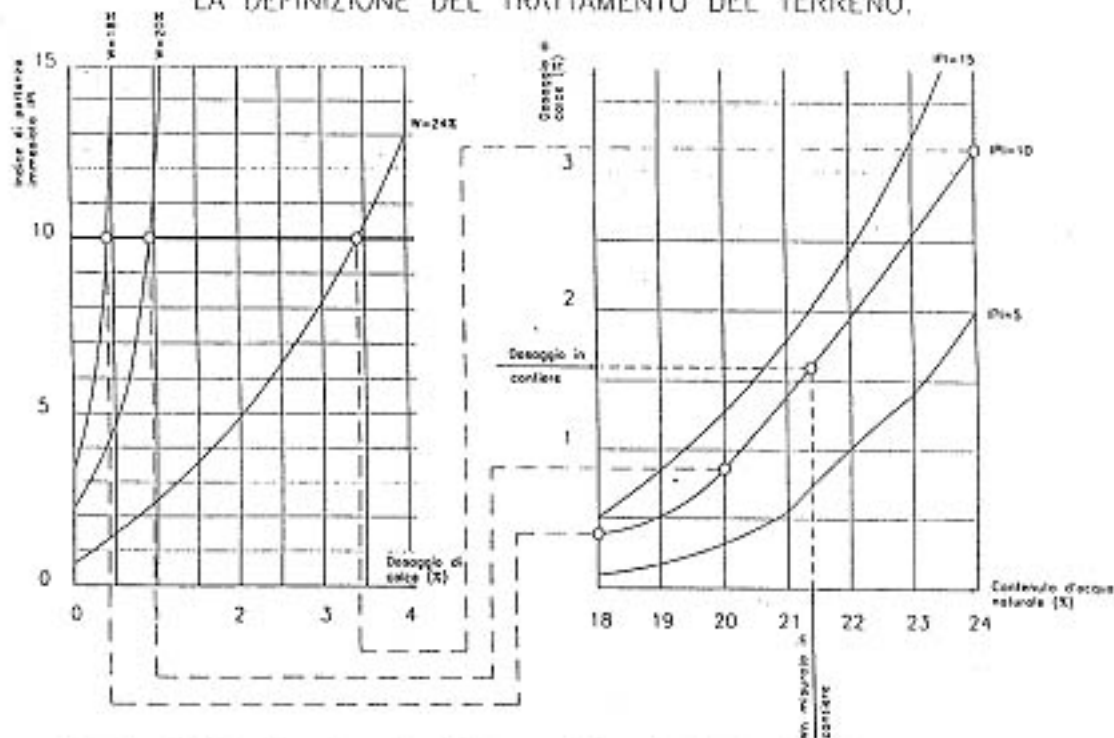
I risultati ottenuti dovranno confermare quelli dello studio. Nel caso nel quale i requisiti minimi, previsti al par. 3.2.5.5, nonché i valori di resistenza atti a garantire la stabilità del rilevato, non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra/calce fino ad ottenere i requisiti minimi richiesti; in caso contrario si dovrà scartare il prodotto sperimentato.

I campi prova dovranno costituire il riferimento per la costruzione dei rilevati pertanto negli elaborati finali dei campi prova dovranno essere chiaramente specificate le modalità realizzative da riprodurre in corso d'opera.

4.4.3.4 - Scelta della miscela da utilizzare.

La miscela ottimale scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova e, in ogni caso, dovrà essere approvata dalla D.LL.

Fig.1 ESEMPIO DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DI UNO STUDIO PER LA DEFINIZIONE DEL TRATTAMENTO DEL TERRENO.



Variatione dell'indice di partenza immediato in funzione del contenuto di calce, per differenti valori di contenuto d'acqua naturale.

Dosaggio di calce, in funzione del contenuto naturale necessario per ottenere un IPI prefissato.

4.4.4 - MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI

La tecnica consiste nello spandimento della calce sulla superficie di terreno da miscelare mediante l'ausilio di mezzi meccanici.

Il trattamento a calce del terreno non dovrà essere effettuato in caso di pioggia, di temperature inferiori a 5°C, in presenza di vento forte e nel caso nel quale ci sia presenza di acqua o venute di acqua sul piano dove viene steso il terreno da trattare.

Nel caso che il terreno sia saturo fino al p.c., prima di procedere al trattamento con calce del piano di posa del rilevato, si dovrà obbligatoriamente provvedere ad abbassare il livello d'acqua e a mantenerlo tale per un tempo, approvato da Italferr, sufficiente a non inficiare l'esito del trattamento.

4.4.4.1 - Approvvigionamento e stoccaggio della calce

La calce dovrà essere consegnata con autobotti dotate di scarico pneumatico e stoccata in appositi sili dotati di filtro per la captazione della polvere all'atto del loro caricamento.

Per la calce sfusa lo stoccaggio dovrà avvenire almeno in 2 sili distinti, ciascuno di capacità corrispondente ad una giornata di lavoro. Il tempo di stoccaggio in cantiere non dovrà superare i 5 giorni.

4.4.4.2 - Fasi esecutive

La stabilizzazione a calce del terreno prevede le seguenti fasi:

- a) lo scotico;
- b) la preparazione del terreno da trattare;
- c) lo spandimento della calce;
- d) la miscelazione;
- e) la compattazione e finitura degli strati.

Resta inteso che qualora si utilizzino macchinari in grado di effettuare la preparazione del terreno (frantumazione) e la miscelazione del terreno con la calce contemporaneamente, le fasi b) e d) potranno essere unificate.

4.4.4.3 - Scotico del terreno

La realizzazione del piano di posa dovrà essere preceduta dall'esecuzione dello scavo, di larghezza pari all'ingombro del rilevato o della sede in trincea, per l'asportazione del primo strato di terreno vegetale e comunque per uno spessore non inferiore a 50 cm.

4.4.4.4 - Preparazione del terreno

- a) Terreno in situ.

Consiste nella frantumazione e nello sminuzzamento delle zolle da utilizzare, fino alla riduzione di eventuali grumi di terreno limo-argillosi tali che il 100% passi attraverso un setaccio da 40 mm.

Qualora il terreno da trattare sia troppo secco, dovrà essere umidificato aggiungendo un'opportuna quantità di acqua. La quantità d'acqua utilizzata dovrà essere controllata da opportuni dispositivi e, perché raggiunga in modo omogeneo tutto lo strato di terreno da trattare, tale operazione dovrà essere effettuata prima di ultimare la frantumazione del terreno.

Al termine di tale operazione dovrà essere misurato, in più siti e a diverse profondità, il contenuto d'acqua W_n .

Lo strato di terreno da trattare, dopo la compattazione, non dovrà avere uno spessore superiore a 30 cm. Per spessori superiori a 30 cm il trattamento del terreno dovrà essere effettuato su più strati.

- b) Terreno in cava e/o da scavi.

Qualora la terra venisse miscelata in un sito diverso da quello della lavorazione, si dovranno eseguire comunque tutte le operazioni previste nel precedente punto a) e dei successivi paragrafi 3.2.4.5 e 3.2.4.6.

Le terre miscelate dovranno essere trasportate nel luogo dell'impiego dopo la miscelazione, in contenitori coperti per evitare eccessivi essiccamenti o per essere protetti da eventuali piogge.

La quantità di terreno da trattare a calce non dovrà essere superiore a quella che potrà essere impiegata nella giornata stessa.

Per i terreni provenienti da pali e diaframmi si rimanda a quanto detto al punto 3.2.3.

4.4.4.5 - Spandimento della calce

Il quantitativo di calce da utilizzare non dovrà essere inferiore a quello approvato dalla Direzione Lavori, a valle del campo prova.

La stesa della calce dovrà essere effettuata mediante uno spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento e dotato di un dispositivo ponderale che regoli il dosatore volumetrico con una certa rapidità e precisione. E' preferibile l'utilizzo di spanditori a dosaggio volumetrico che producano un diagramma dello spandimento.

Essi dovranno essere dotati di attrezzature per evitare la dispersione della calce. Pertanto tutti i mezzi utilizzati per la stesa dovranno essere dotati di gonne flessibili a bande.

Lo spandimento della calce non dovrà interessare una superficie superiore a quella che potrà essere utilizzata nella stessa giornata lavorativa, sia per evitare sia l'asportazione della calce dagli agenti atmosferici sia il fenomeno della parziale carbonatazione.

Non si spargerà la calce in giornate di forte vento, capace di sollevarne una parte, in relazione sia alla sicurezza del personale di cantiere sia alla precisione del dosaggio.

L'Appaltatore dovrà eseguire, in caso di spandimento di calce sfusa, all'inizio della giornata lavorativa, la taratura delle macchine spanditrici; questa verrà effettuata facendo transitare la macchina sopra una superficie sulla quale sono posati teli (o contenitori) di dimensioni note e pesando la quantità di calce che viene raccolta da ciascun telo (o contenitore) al fine di tarare l'apertura dei dosatori e la velocità di avanzamento della macchina rispetto al dosaggio prescritto per uno spandimento omogeneo in senso longitudinale e trasversale.

4.4.4.6 - Miscelazione della calce con il terreno

La miscelazione calce-terreno dovrà essere realizzata con una o più passate di Pulvimixer, fino a quando tutte le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 25 mm.

Il miscelatore utilizzato dovrà essere del tipo a rotore e potrà essere semovente o trainato e permettere di lavorare strati di profondità almeno di cm 50.

Le modalità di miscelazione dovranno determinare il numero minimo di passaggi effettuati ad una determinata velocità di avanzamento che permetta di raggiungere una distribuzione uniforme della calce.

La qualità della miscelazione dovrà essere controllata oltre che visivamente, verificando l'omogeneità del colore della miscela e l'assenza di strisce di calce non amalgamata nel terreno, anche mediante la misura dei diametri dei grumi di materiale fino e facendo ricorso ad opportuni indicatori (fenoftaleina).

Nel caso di miscelazione in siti diversi da quello di lavorazione, la quantità di terreno miscelato non dovrà essere superiore alla produzione giornaliera.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali.

I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm; inoltre nella stessa giornata lavorativa devono essere completati tratti di tracciato per tutta la loro larghezza prevista dal progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare la possibilità che si manifestino successive fessurazioni.

Nel caso di trattamento su più strati i giunti longitudinali e trasversali dovranno essere opportunamente sfalsati.

È necessario garantire l'ammorsamento fra strati successivi; a tal fine, nel caso di miscelazione sul sito di lavorazione, lo strato superiore verrà miscelato con uno spessore tale da garantire un ammorsamento di qualche cm nello strato sottostante.

Qualora, invece, la miscelazione sia eseguita in un sito diverso da quello della lavorazione, si provvederà a scarificare la superficie dello strato pre-esistente prima di stendere il terreno già miscelato.

4.4.4.7 - Compattazione e finitura

Le operazioni di compattazione potranno essere iniziate solo quando il contenuto d'acqua della miscela sia compreso in un intervallo tra $W_{opt} \pm 2\%$.

Le caratteristiche geotecniche della miscela terra-calce orientano la scelta dei rulli e ne condizionano le modalità d'impiego. Gli schemi di rullatura utilizzati nella realizzazione dovranno essere quelli determinati sulla base dei risultati del campo prova.

La finitura superficiale degli strati dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale.

Lo strato di terreno, dopo la compattazione, non dovrà avere uno spessore superiore a 30 cm. Per spessori superiori a 30 cm il trattamento del terreno dovrà essere effettuato su più strati.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, qualora lo strato trattato non venga ricoperto con un ulteriore strato e la superficie, soprattutto nei periodi estivi, risulti esposta in maniera prolungata al sole, sarà opportuno stendere, a protezione dello strato appena ultimato, un velo protettivo di emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL55 con un dosaggio minimo di 1.5 kg/ m².

Tale strato di protezione dovrà essere rimosso prima di realizzare lo strato successivo.

Per la protezione delle superfici finite potranno essere adottate soluzioni alternative, secondo quanto sperimentato nel campo prova.

Quest ultimo dovrà fornire chiare indicazioni anche relativamente alla protezione delle scarpate.

Per assicurare un'adeguata compattazione delle scarpate, dovranno essere messe a punto nel campo prova tutte le necessarie metodologie operative, prevedendo in ogni caso la costruzione fuori sagoma del rilevato di almeno 20 cm e successiva riprofilatura.

Fermo restando quanto sopra riportato per quanto concerne la protezione delle scarpate del rilevato si potrà procedere nei modi suddetti:

- mantenimento del fuori sagoma suddetto e riprofilatura, con gradoni di ancoraggio, solo prima della stesa del vegetale;
 - rimozione del fuori sagoma subito dopo la compattazione dello strato (o degli strati) di rilevato e immediata protezione o con terreno vegetale ovvero con emulsione bituminosa.
- Le soluzioni sopra dette possono essere adottate singolarmente o in combinazione tra di loro in relazione alle caratteristiche del rilevato in esecuzione.

4.4.5 - CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SUI MATERIALI

4.4.5.1 - Calce

La calce dovrà provenire da fornitori qualificati e preventivamente approvati dalla D.LL.

Le caratteristiche della calce, riportate al par. 3.2.2b precedente, dovranno essere verificate secondo la seguente procedura:

- per ogni trasporto in cantiere sarà prodotto, entro 24 ore dalla consegna, un bollettino di prove ed analisi eseguite dal produttore giornalmente;
- per ogni assegnataria, verifica ogni 1000 t. della granulometria, della reattività dell'acqua, del contenuto d'acqua, del contenuto in CO₂ combinata, del titolo in idrati totali per la calce idrata.

Nel caso in cui il prodotto non venga utilizzato entro 36 ore dalla consegna in cantiere, fermo restando le condizioni di stoccaggio stabilite in capitolato, dovranno essere eseguite le seguenti prove: granulometria, reattività dell'acqua, contenuto d'acqua, contenuto in CO₂ combinata, titolo in idrati totali per la calce idrata.

4.4.5.2 - Terre e miscele

Sul terreno da trattare dovrà essere prelevato 1 campione ogni 1.000 mc; per ciascun campione prelevato si dovrà verificare che i valori ottenuti siano congruenti con quelli dello studio e che rispettino i limiti di cui al punto 3.2.2a.

Sulla miscela dovrà essere effettuata, in laboratorio, una prova CBR ogni 3.000 m² x (IPI).

I risultati delle prove dovranno essere riportati in una relazione tecnica, che attesti l'idoneità del terreno al trattamento; la medesima relazione dovrà contenere un prospetto ripilogativo delle prove condotte.

4.4.5.3 - Umidità del terreno

Per ogni giorno di lavorazione e per ogni tratto omogeneo di terreno da utilizzare l'Appaltatore è tenuto a rilevare il contenuto d'acqua del terreno da trattare al momento della posa, prima della miscelazione con la calce, e al momento della compattazione, entrambi con una frequenza di 1 ogni 1.000 m² di terreno steso.

L'Appaltatore è tenuto ad adottare gli eventuali accorgimenti affinché sia verificata la corrispondenza tra la miscela di progetto ed il contenuto d'acqua.

4.4.5.4 - Fasi operative

Il controllo della taratura della spanditrice dovrà essere effettuato per ogni variazione di percentuale di calce da utilizzare e ad ogni inizio di lavorazione.

Durante la lavorazione dovranno comunque essere effettuate le verifiche sulla qualità e omogeneità dello spandimento della calce almeno ogni 2.000 m² di terreno trattato secondo le modalità indicate in precedenza.

Nel caso di utilizzo di spanditrici che producano un diagramma dello spandimento, il controllo dovrà essere effettuato solo durante la fase di taratura della macchina.

Dopo la fase di miscelazione dovrà essere verificato che la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 25 mm. Il controllo dovrà essere effettuato con una frequenza di 1/2.000 m².

4.4.5.5 - Controlli sul prodotto finale

Ogni 2.000 m² di terreno trattato e comunque per ogni tratto di miscela omogenea posata, dovranno essere eseguite le seguenti prove:

- prova di carico su piastra con misura del modulo di deformazione M_d che dovrà essere non inferiore a:

15 MPa nell'intervallo di carico 0.05-0.15 MPa per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc.;

20 MPa nell'intervallo 0,05-0,15 Mpa per il piano di posa dei rilevati, e nell'intervallo 0.15-0.25 MPa per gli strati dei rilevati per una fascia di 1 m dal bordo superiore della scarpata;

40 MPa nell'intervallo 0.15-0.25 MPa per il corpo dei rilevati e per i piani di posa in trincea;

80 Mpa nell'intervallo 0.25-0.35 MPa per strati di base della sovrastruttura.

Nel corso della sperimentazione del campo prova di cui al par. 3.2.3.3 dovranno essere definiti:

- caratteristiche dell'attrezzatura da utilizzare (tipi di rullo, peso);
- velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni;
- numero delle passate;
- spessore massimo di ciascun strato.

Ogni qualvolta si utilizzi materiale diverso, rispetto a quello utilizzato per la sperimentazione, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

Oltre a soddisfare i criteri di densità di cui al punto successivo, qualora i valori di K risultassero inferiori a 0,6 ovvero al valore di 0,9 K_{rif} ottenuto dal campo prova corrispondente, il valore di densità in situ di cui al p.to successivo dovrà risultare maggiore o uguale a $\gamma_{d,med}$ di cui al par. 7.3.

Se questa relazione non sarà soddisfatta si effettueranno ulteriori due prove di densità in situ per ciascuna delle quali dovrà essere rispettato il valore minimo di cui al p.to successivo; la media delle tre prove di densità dovrà risultare superiore o uguale a $\gamma_{d,med}$.

Se anche questa verifica non risulterà soddisfatta si procederà alla determinazione dei parametri di resistenza meccanica (c' , ϕ' , c_u) su campioni indisturbati prelevati in situ da sottoporre a prove sia in condizioni "tal quali" che di saturazione.

I valori così determinati dovranno garantire la stabilità dei rilevati a breve e a lungo termine; se ciò non accadesse i lavori non verrebbero accettati.

- misura del grado di costipamento ottenuto che dovrà essere determinato secondo Norma UNI EN 13286-2:2005 (AASHTO standard), e che dovrà risultare non inferiore a:
95% per il piano di posa;
98% per i rilevati e per i piani di posa in trincea;
90% per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc.
- misura dello spessore dello strato.

Articolo 5

LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICANTI

5.1. - LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI

Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.

5.1.1. - BITUMI DI BASE

I bitumi di base per uso stradale sono quelli di normale produzione con le caratteristiche indicate in tab. 5.A impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all'art. 6.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi (vedi successivo art. 6.1.7.4.), nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; la Committente si riserva anche la possibilità di rilevare le caratteristiche elencate nella seconda parte per meglio valutare l'affidabilità di impiego dei leganti.

La non rispondenza dei leganti alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione delle penalità all'art. 6.1.8.4.

TABELLA 5.A		Bitume 50/70	Bitume 70/100
caratteristiche	un. mis.	valore	
PRIMA PARTE			
penetrazione a 25° C	dmm	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	46-54	43-51
indice di penetrazione		-1/+1	-1/+1
punto di rottura Fraass, min.	° C	-8	-10
punto di infiammabilità, valore minimo	° C	230	230
solubilità in solventi organici, valore minimo	%	99	99
viscosità dinamica a 60° C (SPDL 07)	Pa x s	130-200	110-190
viscosità dinamica a 160° C (SPDL 21)	Pa x s	0,16-0,23	0,12-0,18
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (*)			
innalzamento del punto di rammollimento, max	° C	9(**)	9(**)
innalzamento punto di rottura Fraass, max.	Pa x s	- 8	- 10
Viscosità dinamica a 60° C (SPDL 07, RPM 100)	Pa x s	70	70

(*) *Rolling Thin Film Oven Test*

(**) *temperatura P.A. dopo RTFOT - temperatura P.A. iniziale*

TABELLA 5A1 EMULSIONI BITUMINOSE ACIDE		
caratteristiche	unità misura	valori
contenuto d'acqua	% in peso	30-35
contenuto di legante	% in peso	65-70
contenuto di bitume	% in peso	> 65
contenuto di flussante	% in peso	2-3
velocità di rottura		
demulsività	% in peso	40-70
adesione	%	> 90
viscosità Engler a 20° C	° E	> 10
carica di particelle		positiva
caratteristiche del bitume estratto		
penetrazione a 25° C	dmm	< 220
punto di rammollimento	° C	> 35

5.1.2. - BITUMI MODIFICATI

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Al fine di una differenziazione delle prestazioni conferite alle miscele si suddividono in due categorie distinte:

- modifica soft : modifica di facile tecnologia e con le caratteristiche riportate nella tabella 5.B colonna 1

- modifica hard : modifica di tecnologia complessa e con le caratteristiche riportate nella tabella 5.B colonna 2.

I bitumi di tipo soft potranno entrambi essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura) mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali (vedi art. 6.2.) salvo diversa indicazione della D.LL.

TABELLA 5.B			
BITUMI MODIFICATI			
caratteristiche	un. mis.	SOFT	HARD
densità a 25° C	g/cmc	1,0-1,04	1,0-1,04
penetrazione a 25° C	dmm	50-70	45-55
punto di rammollimento	° C	55-65	75-85
indice di penetrazione		+1/+3	+3/+6
punto di rottura Fraass, min.	° C	< -12	< -18
duttilità a 25° C, min.	cm	> 100	> 100
ritorno elastico a 25° C	%	≥ 80	> 95
viscosità dinamica a 80° C (SPDL 07, RPM 10)	Pa x s	> 300	
viscosità dinamica a 100° C (SPDL 07, RPM 10)	Pa x s		> 70
viscosità dinamica a 160° C (SPDL 21)	Pa x s	0,2-0,5	0,5-0,8
solubilità in solventi organici, min.	%	99	99,5
contenuto di paraffina, max	%	2,5	2,5
scostamenti dopo prova “tuben test”			
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	< 5.0	< 5.0
punto di rammollimento	Δ _T (°C)	< 3.0	< 3.0
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test			
penetrazione residua a 25° C (*)	%	≥ 30	≥ 30
ΔT° (P.A.) (**)	° C	≤ 8	≤ 10
viscosità dinamica a 80° C	Pa x s	≥ 800	
viscosità dinamica a 100° C	Pa x s		≥ 100

(*) % = (penetrazione dopo RTFOT / penetrazione iniziale) * 100

(**) temperatura P.A. dopo RTFOT - temperatura P.A. iniziale

TABELLA 5.B2		
BITUMI MODIFICATI PER CONGLOMERATI AD ALTO MODULO		
caratteristiche	un. mis	caratteristiche
densità a 25° C	g/cm ³	1,0-1,04
penetrazione a 25° C	dmm	20-30
punto di rammollimento	° C	70-85
indice di penetrazione		+1/+5
punto di rottura Fraass, min.	° C	< -16
duttilità a 25° C, min.	cm	> 100
ritorno elastico a 25° C	%	≥Δ 90
viscosità dinamica a 100° C (SPDL 07)	Pa x s	> 65
viscosità dinamica a 160° C (SPDL 21)	Pa x s	0,5-0,8
solubilità in solventi organici, min.	%	99,5
contenuto di paraffina, max	%	2,5
scostamenti dopo prova "tuben test"		
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	≤ 5.0
punto di rammollimento	Δ _T (°C)	≤ 3.0
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test		
penetrazione residua a 25° C ^(*)	%	≥ 50
ΔT° (P.A.) ^(**)	° C	≤ 10
viscosità dinamica a 80° C	Pa x s	≥ 110

^(*) % = (penetrazione dopo RTFOT / penetrazione iniziale) * 100

^(**) temperatura P.A. dopo RTFOT - temperatura P.A. iniziale

TABELLA 5.B3		
BITUMI MODIFICATI PER CONGLOMERATI TIPO "D.D.L."		
caratteristiche	un. mis.	caratteristiche
densità a 25° C	g/cmc	1,0-1,04
penetrazione a 25° C	dmm	55-65
punto di rammollimento	° C	80-90
punto di rottura Fraass, min.	° C	< -19
duttilità a 25° C, min.	cm	> 100
ritorno elastico a 25° C	%	≥ 95
viscosità dinamica a 100° C (SPDL 07)	Pa x s	> 80
viscosità dinamica a 160° C (SPDL 21)	Pa x s	0,6-1,0
solubilità in solventi organici, min.	%	99,5
contenuto di paraffina, max	%	2,5
scostamenti dopo prova "tuben test"		
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	< 5.0
punto di rammollimento	Δ _T (°C)	< 3.0
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test		
residua a 25° C (*)	%	> 30
penetrazione ΔT° (P.A.) (**)	° C	< 10
viscosità dinamica a 100° C	Pa x s	> 120

(*) % = (penetrazione dopo RTFOT / penetrazione iniziale) * 100

(**) temperatura P.A. dopo RTFOT - temperatura P.A. iniziale

TABELLA 5.C BITUMI MODIFICATI PER MANI D'ATTACCO		
<i>BITUME 80/100 + 5-6% SBS - L o R</i>		
caratteristiche	un. mis.	valori
penetrazione a 25° C	dmm	45-60
punto di rammollimento	° C	70-85
indice di penetrazione		+1/+5
punto di rottura Fraass, min.	° C	-16
viscosità dinamica a 80° C (SPDL 07)	Pa x s	650-850
viscosità dinamica a 160° C (SPDL 21)	Pa x s	0,4-0,6

TABELLA 5.E EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE		
caratteristiche	un. mis.	valori
contenuto d'acqua	% in peso	< 30
contenuto di bitume	% in peso	> 67
contenuto di flussante	% in peso	≤ 3
demulsività	% in peso	50 - 100
adesione	%	< 0,2
sedimentazione a 5 gg	%	< 5
viscosità Engler a 20° C	° E	> 20
caratteristiche del bitume estratto		
penetrazione a 25° C	dmm	50-60
punto di rammollimento	° C	65-80
viscosità dinamica a 80° C (SPDL 07)	Pa x s	700-1.500
viscosità dinamica a 160° C (SPDL 21)	Pa x s	0,4-0,6
punto di rottura Fraass, min.	° C	-16

5.2. - NORMATIVE DI RIFERIMENTO PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI

Bitumi e leganti bituminosi

Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali	<i>Norma UNI EN 12591:2002</i>
Campionamento di leganti bituminosi	<i>Norma UNI EN 58:2005</i>
Preparazione dei campioni di prova	<i>Norma UNI EN 12594:2002</i>
Determinazione della penetrazione con ago	<i>Norma UNI EN 1426:2002</i>
Determinazione del punto di rammollimento – metodo biglia ed anello	<i>Norma UNI EN 1427:2002</i>
Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass	<i>Norma UNI EN 12593:2001</i>
Determinazione della viscosità dinamica di un bitume modificato – parte 2 Metodo dei cilindri coassiali	<i>Norma UNI EN 13702-2:2004</i>
Determinazione delle caratteristiche a trazione dei bitumi modificati, utilizzando il metodo della trazione tramite dutilometro	<i>Norma UNI EN 13589:2004</i>
Determinazione della solubilità	<i>Norma UNI EN 12592:2002</i>
Determinazione del contenuto di paraffina – Metodo per distillazione	<i>Norma UNI EN 12606-1:2002</i>
Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria – Metodo RTFOT	<i>Norma UNI EN 12607-1:2002</i>
Determinazione della stabilità allo stoccaggio di un bitume modificato	<i>Norma UNI EN 13399:2004</i>

Emulsioni bituminose

Determinazione mediante distillazione del legante recuperato e degli olii flussanti nelle emulsioni bituminose	<i>Norma UNI EN 1431:2002</i>
Determinazione della polarità delle particelle delle emulsioni bituminose	<i>Norma UNI EN 1430:2002</i>
Determinazione dell'adesività di emulsioni bituminose mediante la prova di immersione in acqua - Metodo degli aggregati	<i>Norma UNI EN 13614:2005</i>

Articolo 6

CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

6.1. - CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BINDER, USURA

6.1.1. - DESCRIZIONE

Lo strato di base in conglomerato bituminoso è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043:2004 “*Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico*”), impastato a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma Norme UNI EN 12591:2002 “*Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali*”), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

6.1.2. - BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 5, i conglomerati di base, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

6.1.3. - MATERIALI INERTI

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI EN 932-1:1998, la riduzione dei campioni in laboratorio dovrà essere eseguita in accordo alla Norma UNI EN 932-2:2000.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso per strati di collegamento ed usura dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13043:2004 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

6.1.4. - AGGREGATO GROSSO (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm)

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

6.1.4.1. - *Strato di base*

Nella miscela di questo strato potrà essere impiegata ghiaia non frantumata nella percentuale stabilita di volta in volta dalla D.LL. che comunque non potrà essere superiore al 30% in peso.

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2:1999 dovrà essere inferiore al 25%.

6.1.4.2. - *Strato di collegamento (binder)*

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2:1999) inferiore al 22%.

6.1.4.3. - Strato di usura

Dovranno essere impiegati esclusivamente frantumati di cava, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2:1999) inferiore al 20%.

- indice di forma superiore a 0,22 (UNI EN 933-4:2001);
- indice di appiattimento inferiore a 12% (UNI EN 933-3:2004).

Nel caso sia previsto l'impiego di inerti provenienti da frantumazione di rocce effusive o di caratteristiche equivalenti si osserveranno le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di levigatezza accelerata (C.L.A.) > 0,45 (Norma UNI EN 1097-8:2001)
- indice di forma superiore a 0,25 (UNI EN 933-4:2001);
- indice di appiattimento inferiore al 10% su ogni pezzatura (UNI EN 933-3:2004).

È facoltà della Committente non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del C.A.T., scadente omogeneità nell'impasto per la loro insufficiente affinità con il bitume, ecc.) anche se rispondenti ai limiti sopraindicati.

6.1.5. - AGGREGATO FINO (frazione di dimensioni minori di 2 mm)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (Norma UNI EN 1097-2:1999) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la Norma UNI EN 933-8:2000 dovrà essere superiore od uguale ad 80.

6.1.6. - ADDITIVI

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

- essere completamente passanti al setaccio 0,25 mm della serie UNI EN 13043:2004;
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,125 mm della serie UNI EN 13043:2004 non inferiore a 90;
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,063 mm della serie UNI EN 13043:2004 non inferiore a 85;
- della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,063, più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.

6.1.7. - MISCELE

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006.

In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

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

Nel caso sia previsto l'impiego di inerti caratterizzati da elevato peso specifico (es. loppe d'altoforno), le curve granulometriche ottimali e le percentuali di legante dovranno essere di volta in volta approvate dalla D.LL. e queste ultime dovranno essere tali da

garantire il completo rivestimento degli inerti ed il raggiungimento delle caratteristiche prestazionali previste per le varie tipologie dei materiali.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

6.1.7.1. - Base

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
32 mm	100
20 mm	73-100
16 mm	60-94
12,5 mm	49-87
8 mm	38-73
4 mm	27-56
2 mm	17-40
1 mm	12-31
0,5 mm	7-22
0,25 mm	5-16
0,063 mm	3-8

Bitume 3%-4,5% del tipo 50-70 o 70-100 descritto nell'art. 5.

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

6.1.7.2. - Binder

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
20 mm	100
16 mm	90-100
12,5 mm	78-100
8 mm	59-81
4 mm	40-62
2 mm	25-45
1 mm	17-36
0,5 mm	9-27
0,25 mm	6-15
0,063 mm	4-8

Bitume 4,0%-5,0% del tipo 50-70 o 70-100 descritto nell'art. 5.

6.1.7.3. - Usura

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %	
	Fuso A	Fuso B
16 mm	-	100
12,5 mm	100	82-100
8 mm	74-100	61-80
4 mm	43-68	38-58
2 mm	25-45	20-40
1 mm	19-33	15-33
0,5 mm	14-25	11-26
0,25 mm	10-19	8-19
0,063 mm	5-11	5-8

Bitume 4,0%-5,5% del tipo 50-70 descritto nell'art.5.

La D.LL. si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà il fuso di riferimento da adottare.

6.1.8. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I conglomerati, campionati in accordo con la Norma UNI EN 12697-27:2002, dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

6.1.8.1. - *strato di base*

Elevata resistenza meccanica cioè capacità 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; il valore della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati

con 75 colpi di maglio per faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare non inferiore a 8 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere superiore a 2,5.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 3% ed il 6% (UNI EN 12697-8:2003).

6.1.8.2. - *strato di collegamento*

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli. La stabilità Marshall (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare in ogni caso superiore a 10 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere superiore a 3.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 3% ed il 6% (UNI EN 12697-8:2003).

6.1.8.3. - strato di usura

Elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale. Il valore della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare in tutti i casi di almeno 12 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere in ogni caso superiore a 3.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 4% e l'8% (UNI EN 12697-8:2003).

Inoltre la D.LL. si riserva la facoltà di controllare la miscela di usura tramite la determinazione della resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione a rottura (UNI EN 12697-23:2006). I limiti di capitolato dovranno essere pari a :

	TEMPERATURA DI PROVA		
	10° C	25° C	40° C
Resistenza a trazione indiretta (N/mm ²)	1,7 - 2,2	0,7 - 1,1	0,3 - 0,6
Coefficiente di trazione indiretta (N/mm ²)	≥ 170	≥ 70	≥ 30

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 7 giorni dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR B.U. n. 149/92).

6.1.8.4. - Controllo dei requisiti di accettazione

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato o di legante per la relativa accettazione.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, alla composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali.

A tale scopo si potrà procedere in accordo alla teoria Marshall o secondo il metodo volumetrico confezionando (Norma UNI EN 12697-31:2000); in questo caso si farà riferimento ai seguenti parametri:

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2000)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm

Parametri	BASE	BINDER	USURA
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15	12 ÷ 15	12 ÷ 15
Vuoti a 100 rotazioni	3 ÷ 6	3 ÷ 6	
Vuoti a 130 rotazioni			3 ÷ 6
Vuoti a 180 rotazioni	> 2	> 2	
Vuoti a 220 rotazioni			> 2

La densità a 100 (130 per strati di usura) rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

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

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di $\pm 5\%$ per lo strato di base e di $\pm 3\%$ per gli strati di binder ed usura.

Per gli strati di base, binder ed usura non saranno ammesse variazioni del contenuto di aggregato fine (per aggregato fine si intende il passante al setaccio 2 mm ISO 565) di $\pm 2\%$; per il passante al setaccio 0,063 mm ISO 565 di $\pm 1,5\%$.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,25\%$.

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.

Dovranno essere effettuati almeno con frequenze giornaliere:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente: peso di volume (UNI EN 12697-6:2003), media di 4 prove; percentuale dei vuoti (UNI EN 12697-8:2003) media di 4 prove; stabilità e rigidezza Marshall.

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

In particolare la verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta almeno una volta a settimana con prelievi a norma UNI EN 58:2005 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto; all'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in Kg) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.

I valori delle caratteristiche richieste nella prova di cui all'art. 5 tabella 5.A devono risultare nei limiti indicati almeno per cinque caratteristiche su dieci, essendo obbligatoria la rispondenza nelle grandezze riferite alla viscosità a 60°, alla penetrazione e al punto di rammollimento che devono comunque rientrare nei fusi reologici indicati negli abachi.

Qualora il bitume non risulti come da richiesta verrà penalizzata del 20% una quantità standard CM di conglomerato bituminoso ad un prezzo standard PS, calcolata secondo il seguente metodo:

$$CM_{(metri\ cubi)} = Q / (2.300 \times 0,045)$$

$$D_{(euro)} = 0,20 \times CM \times P_S$$

D è la cifra da detrarre e P_S è la media ponderale dei prezzi di base (P_B), binder (P_b), usura (P_u) comprese le percentuali di impiego.:

$$P_S = \frac{P_u \times 60 + P_b \times 30 + P_B \times 10}{100}$$

L'applicazione di questa clausola non esclude quelle previste in altri articoli. In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla D.LL. sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la D.LL. effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

6.1.8.5. - *Formazione e confezione delle miscele*

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento

della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La D.LL. potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante 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 mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammanimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della D.LL. in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

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

6.1.8.6. - Posa in opera

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine dei tipi approvati dalla D.L. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La D.L. si riserva la facoltà di poter utilizzare ogni altra tecnologia ritenuta più opportuna.

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

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali 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 spalmato con emulsione bituminosa acida al 55% in peso per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento, 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 cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni e comunque la percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 80 chilometri.

Nel caso di conglomerati bituminosi porosi (tipo drenante, ed antiskid), tale limite viene fissato a 60 chilometri.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 160°C per conglomerati con bitume modificato e 140 °C per conglomerati con bitumi normali.

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

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base e di collegamento - rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 t;
- strato di usura - rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10 t.

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

Per lo strato di base a discrezione della D.LL. 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 98%.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,00 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; sarà tollerato uno scostamento di 5 mm.

Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art. 9.

Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.LL. la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 Kg/m².

Inoltre i moduli elastici effettivi del materiale costituente uno strato, ricavati sulla base di misure di deflessione ottenute con prove dinamiche tipo FWD effettuate anche a pavimentazione completata, dovranno avere un valore medio misurato in un periodo di tempo variabile tra 3 giorni e 90 giorni dal termine della lavorazione, compreso tra 6500 MPa e 9600 MPa alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C.

Si farà riferimento al valore medio di modulo in daN/cm² ricavato dai moduli risultanti dalle misure di F.W.D. effettuate ogni 100 m e riguardanti ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di strada di almeno 400 m di lunghezza nei quali ricadano almeno 4 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale".

Le tratte omogenee saranno individuate automaticamente da un programma di calcolo.

La prova dinamica avrà valore solo su strati aggiunti rinnovati, di spessore superiore od uguale a 8 cm; qualora gli strati aggiunti o rinnovati fossero più di uno anche se lo spessore di uno o di entrambi gli strati fosse inferiore a 8 cm si potrà effettuare ugualmente la valutazione di quanto rilevato a condizione che lo spessore complessivo del pacchetto legato a bitume superi gli 8 cm.

Qualora il valore medio dello strato soggetto a prova non superi i 6500 MPa lo strato interessato e tutti gli strati sovrastanti verranno penalizzati effettuando una detrazione del 10%.

6.2. - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE, COLLEGAMENTO ED USURA CON LEGANTE MODIFICATO

6.2.1. - DESCRIZIONE

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati di base, collegamento ed usura tradizionali.

6.2.2. - BITUME

Dovrà essere impiegato bitume di modifica tipo "Hard" o "Soft" (a seconda delle esigenze contingenti della D.LL.) descritta nella tabella 5.B. in quantità comprese:

- per i conglomerati per strato di base : tra il 3,5% ed 4,5%;
- per i conglomerati per strato di collegamento : tra il 4% ed il 5%;
- per conglomerati per strato di usura : tra il 4,5% ed il 5,5%.

6.2.3. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Il valore della stabilità Marshall (UNI EN 12697-34:2004) dovrà risultare superiore ai seguenti valori:

per i conglomerati per strato di BASE con bitumi a modifica "SOFT"	12 kN
per i conglomerati per strato di BASE con bitumi a modifica "HARD"	14 kN
per i conglomerati per strato di COLLEGAMENTO con bitumi a modifica "SOFT"	13 kN
per i conglomerati per strato di COLLEGAMENTO con bitumi a modifica "HARD"	15 kN
per conglomerati per strato di USURA con bitumi a modifica "SOFT"	15 kN
per conglomerati per strato di USURA con bitumi a modifica "HARD"	17 kN

Il valore della rigidità Marshall dovrà essere superiore a 3 kN/mm per tutti gli strati.

I provini Marshall dovranno presentare una percentuale dei vuoti residui compresa tra il 3% e il 6% (UNI EN 12697-8:2003).

6.2.3.1. - Controllo requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 6.1.8.4) con l'unica eccezione dei parametri richiesti per i provini confezionati con la pressa giratoria per i quali si dovranno rispettare i valori seguenti:

Parametri	BINDER	USURA
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15	12 ÷ 15
Vuoti a 120 rotazioni	3 ÷ 6	
Vuoti a 150 rotazioni		3 ÷ 6
Vuoti a 200 rotazioni	> 2	
Vuoti a 240 rotazioni		> 2

La densità a 120 (150 per strati di usura) rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26, All. C) il quale non potrà presentare valori inferiori a quelli più avanti definiti e andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

In ogni caso la D.LL. si riserva la facoltà di controllare la miscela attraverso la valutazione del modulo di rigidezza a 20° C, determinato secondo

la Norma UNI EN 12697-26:2004 (IT CY), il quale dovrà risultare:

per lo strato di base	> 3000 MPa
per lo strato di collegamento	> 3300 MPa
per lo strato di usura	> 3500 MPa

Il valore della resistenza a trazione indiretta R_t determinata da provini Marshall dovrà essere compreso nei valori riportati nella seguente tabella:

T = 25° C	Bitumi HARD	Bitumi SOFT
R_t	> 0,7	> 0,6

6.2.3.2. - Posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 6.1.8.6.) salvo diversa indicazione da parte della D.LL., ad eccezione della temperatura all'atto della stesa che dovrà risultare, immediatamente dietro la finitrice, non inferiore a 160° C.

Inoltre l'addensamento dovrà essere realizzato in maniera tale da garantire una densità in tutto lo spessore (comprensiva anche dei vuoti superficiali) non inferiore al 90% di quella relativa ai prelievi eseguiti all'impianto nello stesso giorno o periodo di lavorazione.

6.3. - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI BASE E BINDER AD ALTO MODULO COMPLESSO

6.3.1 - DESCRIZIONE

I conglomerati bituminosi ad alto modulo complesso sono costituiti da miscele di inerti calcarei provenienti esclusivamente da frantumazione di ghiaie, di sabbie di frantumazione e di additivo minerale, impastati a caldo con bitume modificato.

La caratteristica principale di questi tipi di conglomerato è l'aumento della capacità portante della struttura stradale tramite la ripartizione e il decremento degli sforzi e delle deformazioni sugli strati inferiori.

6.3.2. - BITUME

Dovrà essere impiegato bitume con modifica complessa secondo le prescrizioni descritte dalla tabella 5.B2 in quantità comprese fra 4,8 % e 6,0 % per lo strato di base e tra 5,2% e 6,5% per lo strato di collegamento.

6.3.3 - AGGREGATI

Gli aggregati dovranno rispondere ai requisiti elencati nei paragrafi 6.1.4.2 e 6.1.5.

6.3.4 - MISCELA

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso

nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-5:2006.

In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

Le miscele dovranno avere composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati:

BASE BINDER

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %	
	sp. 8÷12 cm	sp. 5÷7 cm
32 mm	100	
20 mm	90-100	100
16 mm	80-100	83-100
12,5 mm	62-90	72-92
8 mm	45-68	56-77
4 mm	32-50	37-57
2 mm	20-36	27-40
1 mm	16-29	20-33
0,5 mm	13-22	14-26
0,25 mm	10-17	10-19
0,063 mm	6-12	6-12

6.3.5 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Il conglomerato dovrà avere i seguente requisiti

- il valore della stabilità Marshall, prova (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare non inferiore a 18 kN per entrambi gli strati.
- Il valore della rigidezza Marshall dovrà essere superiore a 3 kN/mm per ambo gli strati.
- i valori del modulo di rigidezza a 20° C determinato secondo la Norma UNI EN 12697-26:2004 (IT CY) dovranno risultare, per entrambi gli strati, superiori a 8000 MPa.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra l'1,0% e il 4,0% (UNI EN 12697-8:2003).

6.3.5.1. - *Controllo dei requisiti di accettazione*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali indicate all'art. 6.1.8.4.

6.3.5.2. - *Confezione delle miscele*

Valgono le stesse prescrizioni indicate al paragrafo 6.1.8.5.

6.3.5.3 - Posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali all'art. 6.1.8.6 ad eccezione della temperatura all'atto della stesa che dovrà risultare, immediatamente dietro la finitrice, non inferiore a 160° C.

Inoltre l'addensamento dovrà essere realizzato con rulli vibranti con ruote metalliche e dovrà garantire una densità in tutto lo spessore non inferiore al 95% di quella Marshall relativa a prelievi in eseguiti impianto nello stesso giorno o periodo di lavorazione.

La temperatura massima d'impasto non dovrà essere superiore a 180° C.

6.4. - CONGLOMERATO BITUMINOSO MULTIFUNZIONALE PER STRATI DI USURA

6.4.1. - DESCRIZIONE

Il conglomerato bituminoso è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati (di origine effusiva), sabbie di frantumazione ed additivo, impastati a caldo con bitume modificato. Viene impiegato prevalentemente con le seguenti finalità:

- elevata stabilità e notevole resistenza alla deformazione e all'ormaiamento;
- elevata rugosità superficiale;
- minore rumorosità;
- minore invecchiamento del legante dovuto al bassissimo tenore dei vuoti delle miscele.

6.4.2. - BITUME

Dovrà essere impiegato bitume di modifica di tipo hard secondo le prescrizioni descritte dalla tabella 5.B in quantità comprese fra 5,5% e 7,0%.

6.4.3 - AGGREGATI

Gli aggregati dovranno rispondere ai requisiti elencati negli articoli 6.1.3.

6.4.4 - MISCELA

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-5:2006.

In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

Le miscele dovranno avere composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %	
	Fuso A (spess. 3-5 cm)	Fuso B (spess. 2-3 cm)
12,5 mm	100	-
10 mm	81-100	100
8 mm	60-88	90-100
6,3 mm	-	70-90
4 mm	30-52	35-60
2 mm	22-34	23-35
1 mm	16-26	18-29
0,5 mm	11-21	13-23
0,25 mm	10-18	10-18
0.063 mm	8-14	8-14

6.4.5 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Il conglomerato dovrà avere i seguente requisiti:

- il valore della stabilità Marshall, prova (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare non inferiore a 13 kN;
- Il valore della rigidità Marshall dovrà essere superiore a 2 kN/mm.
- valore della prova di impronta a 60° (UNI EN 12697-20:2004) dopo un'ora inferiore a 1,00 mm;
- la resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23:2006) eseguita a 25°C su provini Marshall dovrà risultare non inferiore a 1,0 N/mm².

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall e la trazione indiretta dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra l'1,0% e il 4,0%.

6.4.5.1. - Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati per strati di usura tradizionali indicate all'art. 6.1.8.4 con l'unica eccezione dei parametri richiesti per i provini confezionati con la pressa giratoria per i quali si dovranno rispettare i valori seguenti:

Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	10 ÷ 12
Vuoti a 150 rotazioni	1 ÷ 4
Vuoti a 240 rotazioni	> 1

La densità a 150 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidità a 20° C (UNI EN 12697-26, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

6.4.5.2. - Confezione delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate all'art. 6.1.8.5., inoltre il tempo di mescolazione effettiva non dovrà mai essere inferiore a 35 secondi.

6.4.5.3 - Posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali ad eccezione della temperatura all'atto della stesa che dovrà risultare, immediatamente dietro la finitrice, non inferiore a 160° C.

Inoltre l'addensamento dovrà essere realizzato anche con rulli tandem statici o vibranti con ruote metalliche e dovrà garantire una densità in tutto lo spessore (comprensiva anche dei vuoti superficiali) non inferiore al 90% di quella Marshall relativa a prelievi eseguiti in impianto nello stesso giorno o periodo di lavorazione.

6.5. - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA SEMIDRENANTE E DRENANTE

Il conglomerato bituminoso per usura drenante è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato.

Questo conglomerato dovrà essere impiegato prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento (zone di transizione rettifilo-clotoide, rettifilo-curva);
- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza).

6.5.1. – AGGREGATI

6.5.1.1 *strato drenante con impiego di inerti di origine effusiva*

Gli aggregati dovranno rispondere ai requisiti elencati all'art. 6.1.3. con le seguenti eccezioni:

- coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. uguale o maggiore a 0,45 (UNI EN 1097-8:2001);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) non superiore al 18% in peso;
- l'equivalente in sabbia, di una eventuale miscela delle sabbie da frantumazione, determinato secondo la prova (UNI EN 933-8:2000), dovrà essere uguale o superiore a 70;
- indice di forma superiore a 0,25 (UNI EN 933-4:2001);
- indice di appiattimento inferiore al 10% su ogni pezzatura (UNI EN 933-3:2004).

6.5.1.2 *strato drenante con impiego di inerti di origine calcarea.*

Per quanto riguarda il materiale inerte, si dovranno utilizzare aggregati calcarei i quali dovranno soddisfare i requisiti generici già esposti nei capitoli precedenti con la seguente eccezione:

- perdita di peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) non superiore al 21%

6.5.2 – LEGANTE

Dovrà essere impiegato bitume di modifica tipo hard secondo le prescrizioni indicate nella tabella 5.B3. in quantità comprese tra 4,5% e 5,2%.

6.5.3. - MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %	
	DRENANTE spess. minimo 5 cm	SEMIDRENANTE spess. minimo 3 cm
16 mm	100	-
12,5 mm	85-100	-
10 mm	60-90	100
8 mm	25-70	80-100
6,3 mm	15-52	57-83
4 mm	13-30	18-47
2 mm	11-20	11-20
1 mm	10-18	10-18
0,5 mm	19-17	9-16
0,25 mm	8-16	8-14
0,063 mm	8-12	6-10

Caratteristiche prestazionali dei 2 fusi sopra riportati:

	fuso da utilizzare	
	A	B
elevata drenabilità	x	
ottima drenabilità		x

Entrambi i fusi favoriscono una elevata fonoassorbenza.

La D.LL. al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di α dovranno essere:

Frequenza (Hz)	Coefficiente di fonoassorbimento
400 / 630	$\alpha > 0,25$
800 / 1250	$\alpha > 0,50$
1600 / 2500	$\alpha > 0,25$

Il tenore di bitume (del tipo hard) dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 5,5% riferito al peso totale degli aggregati.

6.5.4. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall, prova (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati con 50 colpi di maglio per faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare non inferiore a 5 kN. Il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità Marshall misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 1,5;
- valore della prova di impronta a 60° (UNI EN 12697-20:2004) dopo un'ora inferiore a 3 mm;
- perdita in peso alla di particelle ("Cantabro"), secondo la norma UNI EN 12697-17:2004, risultante dalla media di 3 provini Marshall non superiore a 12%;

– gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui (UNI EN 12697-8:2003) nei limiti di seguito indicati:

Fuso granulometrico "A"	> 18%
Fuso granulometrico "B"	> 16%

I provini per le misure di stabilità e rigidezza e per la determinazione della percentuale dei vuoti residui dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

Inoltre la D.LL. si riserva la facoltà di controllare la miscela di usura drenante tramite la determinazione della resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione (UNI EN 12697-23:2006).

I limiti del Capitolato dovranno essere, per le due miscele, compresi nei valori riportati di seguito:

Resistenza a trazione indiretta a 25° C (N/mm ²) ≥ 0,50
Coefficiente di trazione indiretta a 25° C ≥ 30

Valgono le stesse prescrizioni indicate dall'art. 6.1.8.3.

6.5.4.1. - *Controllo dei requisiti di accettazione*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati per strati di usura tradizionali indicate all'art. 6.1.8.4.

6.5.4.2. - *Confezione delle miscele*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 6.1.8.5), inoltre il tempo minimo di miscelazione effettiva, non dovrà essere inferiore a 35 secondi.

6.5.4.3. - *Posa in opera delle miscele*

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 6.1.8.6.), ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 150°C e 170°C per le miscele ottenute con legante bituminoso con modifica tipo hard.

Al termine della compattazione che dovrà essere effettuata con rulli tandem statici e vibranti del peso di 8÷10 t in numero adeguato alle necessità, lo strato di usura drenante dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 90% di quella Marshall rilevata all'impianto o alla stesa; tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo norme (UNI EN 12697-6:2003), e sarà determinata su carote di 20 cm. di diametro, o su carote di diametro inferiore previa verifica degli strati superficiali (inferiore e superiore).

La capacità drenante eseguita in sito e misurata con permeometro a colonna d'acqua di mm 250 su un'area di 154 cm² e uno spessore di pavimentazione tra 4 e 5 cm dovrà essere maggiore di 16 dm³ al minuto per il fuso "A", maggiore di 12 dm³ al minuto per spessori di 3 cm per il fuso "B".

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale prima di provvedere alla stesa di una uniforme mano di attacco, nella quantità compresa tra 0,600 e 2,000 Kg/m² (secondo le indicazioni della D.LL.) ed il successivo eventuale spargimento di uno strato di filler, sabbia o graniglia prebitumata; potrà essere anche richiesta la preventiva stesa di un tappeto sottile di risagomatura ed impermeabilizzazione del supporto, per consentire il perfetto smaltimento delle acque.

La D.LL. indicherà di volta in volta la composizione di queste miscele fini.

Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

6.6. - CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO "DOUBLE DRAINING LAYER" (DDL) AD ALTA CAPACITA' DRENANTE E FONOASSORBENTE

6.6.1 - DESCRIZIONE

Il conglomerato bituminoso D.D.L. è costituito da due strati composti da due diverse miscele di pietrischetti frantumati (lo strato inferiore calcareo, quello superiore vulcanico e/o sintetico) unite con sabbia ed additivo e impastate a caldo con bitume modificato.

Le caratteristiche di questo conglomerato per il confezionamento di tappeti d'usura sono:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua in superficie;
- favorire lo smaltimento delle acque meteoriche attraverso una rete di vuoti intercomunicanti;
- elevare la fonoassorbenza abbattendo il rumore di rotolamento e limitando la produzione di rumore alle basse frequenze;
- mantenere elevati valori di drenabilità nel tempo.

6.6.2 - BITUME

Dovrà essere impiegato bitume di modifica di tipo hard secondo le prescrizioni descritte dalla tabella 5.B3 in quantità comprese fra 4,5% e 5,2%.

6.6.3 - AGGREGATI

Gli aggregati dovranno rispondere ai requisiti elencati nell'art. 6.1.3 e nell'art. 6.1.4.3 con le seguenti eccezioni:

Strato inferiore calcareo

- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) non superiore al 22%;
- indice di forma superiore a 0.25 (UNI EN 933-4:2001);
- indice di appiattimento inferiore al 10% (UNI EN 933-3:2004);

Strato superiore confezionato con inerti provenienti da rocce effusive

- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) non superiore al 18%;
- indice di forma superiore a 0.25 (UNI EN 933-4:2001);
- indice di appiattimento inferiore al 10% (UNI EN 933-3:2004);
- Coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. uguale o maggiore di 0.45 (UNI EN 1097-8:2001).

6.6.4 - MISCELE

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006.

In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

Le miscele dovranno avere composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati:

Strato inferiore calcareo:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %	
	Fuso A sp. min. 3 cm	Fuso B sp. min. 4 cm
16 mm	100	100
12,5 mm	85-100	60-100
10 mm	60-90	58-93
8 mm	30-70	23-67
6,3 mm	18-52	14-43
4 mm	13-30	13-23
2 mm	11-20	11-20
1 mm	10-18	10-18
0,5 mm	9-17	9-16
0,25 mm	8-16	8-14
0,063 mm	6-12	6-12

Strato superiore confezionato con inerti provenienti da rocce effusive

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante totale in peso %
10 mm	100
8 mm	22-100
6,3 mm	15-30
4 mm	13-22
2 mm	11-18
1 mm	10-16
0,5 mm	9-15
0,25 mm	8-14
0,063 mm	7-12

Le prestazioni in termini di capacità drenante delle due combinazioni di miscele, misurata con permeometro standard ad un mese dalla messa in opera, dovranno risultare:

Miscela	A1 (cm 3+1,5-2)	B1 (cm 4 +1,5-2)
Capacità drenante	> 30 l/min	> 40 l/min

La D.LL., al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di dovranno essere:

Frequenza (Hz)	Coefficiente di fonoassorbimento
400 / 630	$\alpha > 0.25$
800 / 1250	$\alpha > 0,50$
1600 / 2500	$\alpha > 0,25$

6.6.5 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Il conglomerato dovrà possedere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall, prova (UNI EN 12697-34:2004) eseguita a 60° C su provini costipati con 50 colpi di maglio per faccia (UNI EN 12697-30:2000), dovrà risultare non inferiore a 5 kN per lo strato basaltico e non inferiore a 4 kN per lo strato calcareo.
- Il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità Marshall e lo scorrimento, dovrà essere superiore a 1,5 kN/mm.
- Valore della prova di impronta a 60° (UNI EN 12697-20:2004) dopo un'ora inferiore a 3 mm.
- La resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23:2006) eseguita a 25°C su provini Marshall dovrà risultare superiore a 5 daN/cm².
- Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui (UNI EN 12697-8:2003) compresa nei limiti di seguito indicati:

strato calcareo da 3 cm	> 20%
strato calcareo da 4 cm	> 20%
strato basaltico da 1,5 cm	> 22%

6.6.5.1. - Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati per strati di usura tradizionali indicate all'art. 6.1.8.4.

6.6.5.2. - Confezione delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate all'art. 6.5.4.2.

6.6.5.3 - Posa in opera delle miscele

La sovrapposizione del secondo strato dovrà essere eseguita entro le 48 ore successive alla stesa del 1° strato. Inoltre la temperatura alla stesa del conglomerato di entrambi gli strati non dovrà essere inferiore a 160 °C e la temperatura degli impasti non dovrà essere superiore a 180 °C.

Valgono inoltre le stesse prescrizioni indicate all'art. 6.4.5.3 .

6.7. - MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE TIPO SAMI

6.7.1 - DESCRIZIONE

La membrana impermeabilizzante tipo SAMI viene utilizzata all'interfaccia binder-drenante allo scopo di rendere impermeabile il piano di posa della pavimentazione drenante.

6.7.2 - MODALITÀ ESECUTIVE

La membrana impermeabilizzante verrà realizzata mediante spruzzatura a caldo di uno strato sottile di legante elastomerizzato, le cui caratteristiche sono elencate alla tabella 5.C.

Il legante elastomerizzato verrà distribuito sulla sede stradale asciutta, preventivamente pulita e depolverizzata, mediante cisterna semovente munita di sbarra spruzzatrice e di pompa dosatrice.

La quantità di legante spruzzata a caldo dovrà essere dosata in modo da coprire con spessore omogeneo la superficie stradale con una quantità non inferiore a 1,5 kg/mq.

Immediatamente dopo la spruzzatura della membrana si provvederà all'operazione di granigliatura, mediante spandimento con apposita macchina, di graniglia prebitumata di granulometria 3-6 di natura calcarea.

La graniglia dovrà essere preventivamente prebitumata a caldo in centrale con bitume di penetrazione 50/70.

Dopo l'operazione di rullatura seguirà l'asportazione per mezzo di motospazzatrice aspirante di tutta la graniglia eccedente o non perfettamente ancorata.

Al termine dell'operazione la superficie dovrà risultare del tutto scevra da elementi di rigetto, perfettamente uniforme e tale da permettere il transito dei mezzi di cantiere senza pericoli di strappo della membrana e/o rifluimenti di bitume.

Articolo 7

CONGLOMERATI BITUMINOSI RIGENERATI IN SITO

7.1. - DESCRIZIONE

Scopo della rigenerazione in sito a caldo dei conglomerati bituminosi è quella di ripristinare le caratteristiche funzionali degradate delle pavimentazioni stradali ed in particolare i valori di aderenza e/o permeabilità nel caso di conglomerati drenanti.

La rigenerazione in sito delle pavimentazioni viene realizzata mediante attrezzature costituite da macchine idonee alla rimozione a caldo, omogeneizzazione della miscela in opera con opportune integrazioni di inerti e bitume, stesa e compattazione della miscela.

7.1.1. - MATERIALI INERTI

Nei lavori dove è prevista l'aggiunta di inerte fresco questi dovranno rispettare le stesse prescrizioni di cui all'art. 9.1. e comunque tale da rispettare le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di levigatezza accelerata (C.L.A.) > 0,45 (Norme B.U. C.N.R. 140/92);
- indice di forma superiore a 0,25 (UNI EN 933-4:2001)
- indice di appiattimento inferiore al 10% su ogni pezzatura (UNI EN 933-3:2004).

L'inerte, nelle pezzature definite dallo studio preliminare, dovrà essere prebitumato a caldo in impianto con una percentuale in peso di bitume modificato variabile tra lo 0.6% e l'1,5%.

Tale inerte potrà altresì essere opportunamente additivato, all'atto della prebitumatura, con filler in funzione degli obiettivi definiti dallo studio preliminare per la pavimentazione rigenerata.

7.1.2. - LEGANTE

Il legante è costituito da quello presente nel materiale da riciclare integrato con aggiunta di bitume a modifica elastomerica complessa additivato con prodotti attivanti chimici funzionali.

Il bitume modificato dovrà essere omogeneo e stabile, anche allo stoccaggio a caldo in serbatoio ed alla temperatura di impiego.

La stabilità alla massima temperatura di stoccaggio, mantenibile per periodi limitati e corrispondente a quella di impiego, dovrà essere verificata con la prova denominata "tuben test".

Il legante di aggiunta dovrà inoltre possedere le caratteristiche di cui alla tabella seguente:

DETERMINAZIONE	U.M.	valori	Norma di riferimento
Penetrazione a 25° C	dmm	60-90	UNI EN 1426:2002
Punto di rammollimento	° C	65-95	UNI EN 1427:2002
Punto di rottura Fraass	°C	≤ 12	UNI EN 12593:2001
Viscosità dinamica 100°C	Pa·s	< 20	UNI EN 13702-2:2004
Viscosità dinamica 160°C	Pa·s	< 0.50	UNI EN 13702-2:2004
Solubilità	%	≥ 99	UNI EN 12592:2004

<i>stabilità allo stoccaggio (UNI EN 13399:2004)</i>			
Penetrazione a 25°C	$\Delta(\text{dmm})$	≤ 5.0	<i>UNI EN 1426:2002</i>
Punto di rammollimento	$\Delta(^\circ\text{C})$	≤ 3.0	<i>UNI EN 1427:2002</i>

Lo studio preliminare potrà meglio definire tali caratteristiche, in funzione degli specifici obiettivi di progetto e del tipo di pavimentazione da rigenerare.

7.1.3. - MISCELA

Qualsiasi intervento di rigenerazione dovrà essere preceduto da uno studio preliminare, che partendo dall'analisi della pavimentazione esistente effettuato attraverso un congruo numero di saggi e/o campioni che tenga conto della variabilità delle condizioni locali, definisca gli obiettivi del progetto, in termini di caratteristiche prestazionali finali e composizione.

Lo studio preliminare sarà condotto in modo da determinare i quantitativi d'aggiunta degli inerti e del legante.

Inoltre sulla base del metodo Marshall o del metodo volumetrico si dovrà dar conto delle caratteristiche fisico-meccaniche raggiungibili dalla pavimentazioni in rapporto ai miglioramenti prestazionali prefissati.

Il progetto di intervento, definito dallo studio preliminare, sarà sottoposto alla approvazione della D.L. del Committente ed una volta approvato sarà vincolante per l'Impresa esecutrice.

La miscela finale, salvo diversa prescrizione della D.L., dovrà essere contenuta nel fuso di riferimento dell'analogha pavimentazione prevista in capitolato.

I provini per la verifica di idoneità e di controllo della miscela confezionati mediante compattatore ad impatto (Norma UNI EN 12697-30:2004) o pressa giratoria (Norma UNI EN 12697-31:2004), a seconda di quanto utilizzato nello studio preliminare, sottoposti alle verifiche meccaniche previste dovranno fornire valori non inferiori a quanto specificato per analoghe pavimentazioni nuove e, comunque, dovranno rispettare almeno i seguenti parametri:

a) Per le verifiche delle prestazioni meccaniche condotte con metodologia Marshall (Norma UNI EN 12697-34:2004), dovranno fornire i seguenti valori:

conglomerati chiusi

Stabilità Marshall	$> 11 \text{ kN}$
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	$> 0.6 \text{ N/mm}^2$

conglomerati drenanti

Stabilità Marshall	$> 4 \text{ kN}$
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	$> 0.3 \text{ N/mm}^2$

b) Per le verifiche di idoneità condotte con metodologia volumetrica su provini ottenuti con 100 rotazioni, dovranno fornire i seguenti valori:

conglomerati chiusi

Resistenza a trazione indiretta a 25° C	$> 0.6 \text{ N/mm}^2$
---	------------------------

conglomerati drenanti

Resistenza a trazione indiretta a 25° C	$> 0.6 \text{ N/mm}^2$
---	------------------------

La percentuale dei vuoti di qualsiasi miscela dovrà rispettare quanto previsto nello studio preliminare.

In particolare per quanto attiene i conglomerati drenanti essa dovrà essere tale da permettere il raggiungimento della drenabilità ricercata (vuoti intercomunicanti).

7.1.4. - CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I controlli si differenziano in funzione del tipo di conglomerato da riciclare.

Conglomerati chiusi

Poiché il ripristino funzionale in questi casi è legato ai valori di aderenza e macrorugosità, tali parametri dovranno risultare a fine intervento analoghi a quelli delle pavimentazioni previste in capitolato.

Saranno accettati valori inferiori qualora l'aumento del valore di CAT rispetto alla situazione esistente prima della rigenerazione sia almeno pari al 80% di quanto previsto nel presente capitolato per pavimentazioni analoghe.

Le misure di aderenza e macrorugosità verranno eseguite conformemente al capitolato di riferimento.

Conglomerati drenanti

Per i tappeti drenanti il ripristino funzionale è legato al rinnovo della capacità drenante associato comunque a valori di CAT sufficienti.

Pertanto si provvederà a misurare la capacità drenante media, eseguita in sito e misurata con permeometro a colonna d'acqua, la quale dovrà risultare conforme agli obiettivi indicati dal progetto preliminare, approvato dalla D.L., in funzione del tipo di pavimentazione che viene rigenerata e dei miglioramenti ottenibili.

Sulle singole rilevazioni, saranno accettati valori inferiori rispetto al capitolato per pavimentazioni drenanti qualora l'aumento della permeabilità sia almeno pari al 100% rispetto al valore minimo esistente prima della rigenerazione.

Per quanto riguarda aderenza e macrorugosità, vale quanto detto con riferimento ai conglomerati chiusi.

7.1.5. - FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il processo di rigenerazione è costituito da:

- aggiunta del materiale di integrazione nelle quantità previste dallo studio di progetto sulla superficie della pavimentazione;
- preriscaldamento dello strato da rigenerare senza modificare significativamente le caratteristiche reologiche del bitume presente;
- disaggregazione e rimozione del conglomerato bituminoso plasticizzato, senza alterarne la granulometria esistente;

- omogeneizzazione della miscela a caldo previa aggiunta di legante modificato nelle quantità previste dallo studio di progetto;
- stesa e compattazione.

L'inerte dovrà essere steso, nella quantità prevista dallo studio, precedentemente alla operazione di riscaldamento e rimozione della vecchia pavimentazione, in modo uniforme tramite spandigraniglia o finitrice idonea all'uso.

Il riscaldamento del manto stradale deve essere realizzato mediante macchine semoventi il cui numero sarà adeguato alla temperatura di rimozione ed alla velocità di avanzamento richieste.

La rimozione dello strato non deve alterare la granulometria degli inerti della miscela in opera e non deve mai interessare lo strato di inerti ancorati al film di legante della mano di attacco o della membrana impermeabilizzante sottostante.

L'aggiunta di legante modificato deve essere effettuata mediante attrezzature in grado di garantire il rispetto del dosaggio di progetto.

La miscelazione dei componenti deve essere tale da garantire la necessaria omogeneità e l'ottenimento dei requisiti prestazionali finali prefissati.

7.1.6. - POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La miscela ottenuta verrà stesa mediante idonea barra finitrice integrata nella macchina di rigenerazione e munita di opportuni sistemi di vibrazione e riscaldamento.

L'addensamento dello strato rigenerato verrà realizzato con idonei rulli metallici vibranti di massa non superiore a 10 t.

La temperatura di compattazione del manto rigenerato misurata subito dietro la piastra non deve essere inferiore a 110°C in tutto il suo spessore.

A lavoro ultimato il manto rigenerato dovrà risultare perfettamente ancorato allo strato sottostante.

La superficie finita dovrà risultare perfettamente sagomata, priva di sgranature o irregolarità ed esente da difetti dovuti a fenomeni di segregazione degli elementi litoidi più grossi e di concentrazione anomala di legante.

Articolo 8

8.1. - TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI

8.1.1. - IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA

L'irruvidimento della superficie della pavimentazione comunque eseguita dovrà lasciare un piano il più possibile uniforme e regolare in tutte le direzioni privo di solchi longitudinali e sgranature, in particolare ai bordi delle singole strisciate dovranno essere evitati gradini od affossamenti.

Le attrezzature impiegate dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla D.LL.

L'irruvidimento dovrà interessare prevalentemente solo la corsia di marcia lenta per una larghezza di 4 metri a partire dal bordo destro della riga tratteggiata bianca; per particolari situazioni in essere (a discrezione della D.L.) tale larghezza potrà essere variata per eccesso o per difetto.

8.1.2. - IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ'

Qualora lo scopo del trattamento fosse quello di generare una variazione del rumore di rotolamento rispetto a quello della normale pavimentazione per richiamare l'attenzione del conducente, su segnaletiche speciali o su punti singolari del tracciato, la superficie della pavimentazione dovrà essere fresata in modo da ottenere dei solchi discontinui (tratteggio) della profondità di 0,5-1 cm; ciò si otterrà con idonea attrezzatura munita di fresa a tamburo funzionante a freddo con tutti i denti della stessa lunghezza, operando con l'attrezzatura alla massima velocità di spostamento longitudinale e con la minima velocità di rotazione del tamburo cilindrico.

In questo tipo di irruvidimento l'intervento dovrà in generale interessare l'intera carreggiata.

La sua validità sarà ritenuta soddisfacente se la variazione di rumore di rotolamento all'interno di una autovettura media, sarà chiaramente avvertibile a velocità di 80 Km/h o maggiori.

8.2. - MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)

8.2.1. - DESCRIZIONE

Il microtappeto tipo "slurry-seal" è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

8.2.2. - INERTI

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

Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava, con perdita di peso minore del 15% alla prova Los Angeles (LA₁₅), eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2:1999); inoltre il coefficiente di levigabilità accelerata (C.L.A.) determinato su tali pezzature, dovrà essere uguale o maggiore di 0,48.

L'aggregato fine sarà composto da sabbia di frantumazione, ed eventualmente, da sabbia naturale di fiume: la percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà comunque essere inferiore all'85% della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere, alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:1999) eseguita sul granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25% (LA₂₅).

L'equivalente in sabbia determinato dalla sabbia o sulla miscela delle due, dovrà essere maggiore o uguale al 80% UNI EN 933-8:2000.

8.2.3. - ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte precedentemente, potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 6.1.6.

8.2.4 - ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione dei microtappeti dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose e rispondere ai requisiti stabiliti dalle disposizioni emanate dall'articolo 21 della legge 1086 del 05.11.1971 (D.M.01.04.1983 e successivi aggiornamenti).

Essa andrà dosata diligentemente (né troppa né troppo poca) allo scopo di svolgere il ruolo di lubrificante fra gli inerti e facilitare la corretta distribuzione dell'emulsione.

8.2.5 - LEGANTE

Il legante bituminoso sarà costituito da emulsione bituminosa diretta a base di bitume puro 70/100 con un contenuto di legante residuo del 60%, elastica a rottura controllata, modificata con lattice di gomma sintetica in fase continua.

Caratteristiche del legante residuo dalla distillazione:

prova	un.mis.	valore	norma
Penetrazione a 25° C	dmm	50 - 70	UNI EN 1426:2002
Punto di rammollimento	°C	55 - 65	UNI EN 1427:2002
Punto di rottura Fraas, min	°C	- 15	UNI EN 12593:2001
Viscosità dinamica a 80° C	Pa·s	80 - 130	UNI EN 13702-2:2004

8.2.6. - MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati in funzione dello spessore finale richiesto:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso %		
	9 mm	6 mm	4 mm
12.5 mm	100	-	-
10 mm	-	100	-
8 mm	79 - 100	91 - 100	100
6.3 mm	70 - 90	80 - 93	90 - 100
4 mm	54 - 77	61 - 82	80 - 97
2 mm	36 - 55	40 - 64	59 - 84
1 mm	26 - 43	29 - 49	42 - 64
0,5 mm	17 - 32	18 - 33	27 - 44
0,25 mm	11 - 23	11 - 22	16 - 28
0,063 mm	4 - 8	5 - 15	5 - 15

Miscela con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D.LL.

8.2.7. - COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo		9 mm	6 mm	4 mm
Dosaggio della malta	Kg/m ²	10-15	15-25	7-12
Dimensione max inerti	mm	10-13	7-9	5-6
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, % in peso sugli inerti	%	5,5-7,5	6,5-12	7,5-13,5

8.2.8. - CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con un'apposita macchina impastatrice semovente, autocaricante anteriormente, a quattro ruote motrici, idonea alla confezione e stesa a freddo di conglomerati bituminosi fluidi nonché alla spruzzatura e caldo di bitumi ed emulsioni elastomerizzati e resine solubili in veicolo acquoso.

Tale impianto dovrà essere completo di apparati di regolazione, controllo e dosaggio automatici, e costituito essenzialmente delle seguenti parti:

- tramoggia della miscela degli aggregati;
- nastro trasportatore;
- serbatoio dell'emulsione bituminosa, dell'acqua e degli additivi;
- spruzzatore dell'acqua e dell'emulsione;
- mescolatore;
- banco stenditore a carter;
- spruzzatore dell'acqua di preumidificazione.

Le operazioni di produzione 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 a livellamento.

Immediatamente prima di iniziare la stesa del microtappeto a freddo, si dovrà procedere alla eventuale pulizia della superficie stradale oggetto di trattamento, manualmente o con mezzi meccanici; tutti gli eventuali detriti e/o polveri dovranno essere allontanati.

La pavimentazione costituente la base di stesa dello slurry-seal non deve presentare degradazioni tali da compromettere l'efficacia dell'intervento quali ormaie, avvallamenti, fessurazioni estese.

Diversamente, prima della messa in opera dello slurry-seal, si dovrà operare ad una rasatura della superficie mediante una malta bituminosa molto fine di pezzatura massima 4 mm.

Nel caso di fenomeni di degrado peggiori (sfondamenti, buche profonde, ecc.) si dovrà intervenire con metodi di manutenzione tradizionali quali risagome, ricariche e rappezzi con conglomerato a caldo.

In alcuni casi, a giudizio della D.L. si dovrà procedere ad un'omogenea umidificazione della superficie stradale, prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

La produzione e la messa in opera della malta bituminosa per lo slurry-seal non devono essere effettuate:

- a) quando sussiste il pericolo che il prodotto finale possa gelare prima della completa maturazione;
- b) quando la temperatura dell'aria è inferiore a 10° C con tendenza a diminuire (ma può essere eseguito quando la temperatura dell'aria è superiore a 7° C con ad aumentare);
- c) durante e dopo una precipitazione atmosferica fintantoché ci siano ristagni di acqua piovana sulla superficie di posa.

La stesa dovrà essere uniforme e la velocità di avanzamento regolata secondo le quantità 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.

In particolari situazioni di zone sottoposte a forti sollecitazioni trasversali (curve, rotatorie, innesti) sarà opportuno che lo strato di malta bituminosa venga leggermente rullato prima dell'indurimento a mezzo di rulli metallici o gommati.

L'apertura al traffico dovrà essere sempre possibile al massimo entro le due ore successive alla messa in opera. Nel caso di transito anticipato e previa autorizzazione della D.L.L., si potrà accelerare l'indurimento della malta mediante dispersione di cemento in polvere.

Al termine delle operazioni di stesa, il microtappeto dovrà presentare

un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature o strappi), una notevole scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela ed assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

Articolo 9

CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

9.1. ADERENZA

Nei tappeti di usura e/o trattamenti superficiali dovranno essere realizzati valori di aderenza e tessiture granulometriche idonei in rapporto a:

- i tipi di materiale usati per l'esecuzione dello strato superficiale;
- le condizioni planoaltimetriche del tracciato in ogni suo punto;
- il tipo di traffico prevalente e la sua intensità.

Il controllo delle caratteristiche superficiali verrà eseguito, a discrezione della D.LL., nei seguenti modi:

Il coefficiente di aderenza trasversale (C.A.T.) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92)² deve risultare non inferiore ai seguenti valori elencati:

- | | |
|--|------------------|
| a) Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo A | C.A.T. \geq 60 |
| b) Conglomerati bituminosi di usura tradizionali tipo B | C.A.T. \geq 60 |
| c) Conglomerati bituminosi per strati di usura provv. (binder) | C.A.T. \geq 50 |
| d) Conglomerati bituminosi rigenerati in sito | C.A.T. \geq 55 |
| e) Conglomerati bituminosi drenanti, semidrenanti e D.D.L. | C.A.T. \geq 55 |
| f) Microtappeti tipo "slurry seal" | C.A.T. \geq 70 |

Inoltre il valore della profondità del profilo medio (MPD) intesa come macrorugosità superficiale misurata secondo la norma ISO 13473 dovrà avere i seguenti requisiti:

- | | |
|--|----------------|
| a) Conglomerati bituminosi di usura tipo A | MPD \geq 0,5 |
| b) Conglomerati bituminosi tradizionali tipo B | MPD \geq 0,6 |
| c) Conglomerati bituminosi per strati di usura provv. (binder) | MPD \geq 0,4 |
| d) Conglomerati bituminosi drenanti, semidrenanti e D.D.L. | MPD \geq 1,0 |
| e) Conglomerati bituminosi multifunzionali | MPD \geq 0,8 |
| f) Microtappeti tipo "slurry seal" | MPD \geq 1,0 |

Le misure di C.A.T. e di macrotessitura dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Sia il C.A.T. che la macrotessitura dovranno essere rilevati su tutta la lunghezza della tratta pavimentata ed in ogni corsia; nel caso che la stesa interessi l'intera carreggiata si procederà alla misura esclusivamente sulla corsia di marcia lenta.

I valori di CAT andranno misurati e restituiti con passo di 10 m, la misura andrà fatta con entrambi i ruotini di misura (wheel path destra e sinistra), il valore di riferimento sarà il minore dei due. Analogamente sarà fatto per le misure MPD

9.1.1. - PENALITÀ

Qualora il valore minimo, definito in precedenza, su tratte omogenee di lunghezza superiore ai 200 m sia inferiore ai valori richiesti per ciascun tipo di pavimentazione, fino al raggiungimento di alcuni valori inaccettabili appresso specificati, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto del pneumatico) verrà penalizzato del 20% del suo prezzo.

² La relazione tra il valore C.A.T. qui prescritto (C.A.T._{aut}) e quello definito dalla Norma CNR (C.A.T._{CNR}) è la seguente:
C.A.T._{aut} = C.A.T._{CNR} X 100
Nei risultati si dovrà specificare la temperatura superficiale alla quale è stata eseguita la prova.

Per tratte omogenee si intendono quei tratti di strada nei quali i valori sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale".

Le tratte omogenee saranno individuate mediante un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di aderenza.

I valori inaccettabili sono per il CAT 40 e per l'HS 0,35.

Qualora il valore CAT e/o HS sia inferiore a tali valori si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa dello strato con fresa ed alla rimessa in opera dello strato e/o all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare il valore o i valori deficitari al di sopra della soglia di inaccettabilità.

Se non si raggiungessero i valori prescritti e si fosse comunque al di sopra dei valori inaccettabili verrà applicata la detrazione del 20%.

9.2. – REGOLARITÀ

La regolarità della superficie di rotolamento potrà essere misurata con apparecchiature laser ad alto rendimento e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- I.R.I. inferiore a 2,0 mm/m (su rilevato);
- I.R.I. inferiore a 2,5 mm/m (su viadotto);
- profilo filtrato sulle onde corte (da 1,0 a 3,3 m). inferiore a 2 mm;
- profilo filtrato sulle onde medie (da 3,3 a 13,0 m) inferiore a 4 mm.

Questa prescrizione vale per:

- conglomerati bituminosi tradizionali e modificati con polimeri;
- conglomerati bituminosi rigenerati in sito;
- conglomerati bituminosi drenanti, semidrenanti e D.D.L.;
- conglomerati bituminosi multifunzionali.

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Dovrà essere rilevato almeno il 50% della lunghezza coperta da ogni singolo cantiere scegliendo i tratti da misurare (per lunghezza in ogni caso sempre maggiore di 200 m) nei punti dove a giudizio della D.LL. la regolarità risulti non sufficiente o dubbia.

Rispetto alle misure effettuate è possibile definire delle tratte omogenee con lunghezza di almeno 100 m.

La media dei valori I.R.I. misurati ogni 25 m su tali tratte fornisce il valore medio di I.R.I. nella tratta omogenea; la media dei valori di ampiezza delle irregolarità misurati ogni 25 m su tali tratti fornisce il valore medio dell'ampiezza di irregolarità.

Per tratte omogenee si intendono quei tratti di strada nei quali i valori sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale".

Le tratte omogenee saranno individuate mediante un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

9.2.1. - PENALITÀ

Qualora i valori medi, definiti in precedenza su tratte omogenee di lunghezza superiore ai 200 m, di I.R.I. e/o delle irregolarità per onde corte ed onde medie non soddisfino le condizioni richieste, lo strato di rotolamento sarà penalizzato del 15% del suo prezzo.

Nel caso in cui il valore di I.R.I. fosse superiore a 4 mm/m oppure quella relativa alle onde corte risultasse di ampiezza maggiore a 4 mm e per le onde medie maggiore a 8 mm, si dovrà procedere alla demolizione e ricostruzione dello strato superficiale interessato a cura ed onere dell'Impresa.

Il nuovo strato sarà soggetto alle stesse condizioni di controllo ed alle stesse generalità precedentemente descritte.

9.3. - NORMA PER LA VALUTAZIONE DELLO SPESSORE DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Lo spessore della pavimentazione dovrà corrispondere allo spessore di progetto. Esso verrà determinato su carote prelevate a questo fine o per altre valutazioni (diametri 100 o 150 mm).

Su tali carote, prelevate casualmente dalla Committente ed in contraddittorio con l'Impresa, sulla superficie di pavimentazione stesa tra due scambi di carreggiata, dovranno essere effettuate almeno 30 misure eseguite con le modalità qui di seguito descritte.

Per tali carote, vengono effettuate 6 misure in corrispondenza degli estremi dei diametri presi ogni 60°. Dalla media M di tali misure si ricaverà il valore dello spessore della pavimentazione.

La Committente si riserva la possibilità di effettuare misure ad alto rendimento con macchine dotate di radar geotecnico, che fornirà automaticamente, con doppio passaggio, lo spessore medio della pavimentazione stesa.

L'accettazione della determinazione dello spessore della pavimentazione stesa dovrà scaturire dalle considerazioni sui principali parametri statistici relativi alla misura di grandezze fisiche qui di seguito riportati (UNI ISO 3534-1:2000).

Si dovrà determinare la media aritmetica M delle n misure x_i , definita come la somma di tutte le osservazioni divisa per il loro numero.

La media M delle misure dello spessore del singolo strato non dovrà essere inferiore ad un valore minimo stabilito come il 93% dello spessore di progetto.

9.3.1 - PENALITA'

Qualsiasi insufficienza di spessore di uno strato, valutabile mediante un valore M inferiore al 93% dello spessore di progetto, comporterà una penalità applicata alla superficie di pavimentazione a cui si riferiscono le misure.

Per tali valori di M tali che:

$7% < M \leq 10%$	saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco, relativo allo strato ed alle superfici coinvolte del 20%
$10% < M \leq 20%$	saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco, relativo allo strato ed alle superfici coinvolte del 35%
$20% < M \leq 30%$	saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco, relativo allo strato ed alle superfici coinvolte rispettivamente del 50% .

Ogni deficienza di spessore superiore al 30% comporterà il rifacimento e/o la ricopertura a cura e spese dell'Impresa.

9.4. - NORMA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUANTITA' DELLE MANI DI ATTACCO

La spruzzatura deve avvenire in condizioni idonee, assenza di umidità, temperatura sopra i 10°C e superficie priva di polveri.

La stesa della mano di attacco, sia essa emulsione acida, emulsione bituminosa modificata o bitume del tipo SAMI, dovrà presentarsi uniforme e rispettare la quantità e la tipologia richieste dagli allegati progettuali.

Nel caso in cui la D.LL. riscontri difetti di stesa della mano di attacco l'Impresa è tenuta a provvedere sino ad ottenere un film uniforme su tutta la superficie interessata con particolare attenzione alle pareti laterali dei cassonetti di fresatura.

Ad ogni lotto verrà prelevato un campione in barattolo di almeno 1,5 litri dalla macchina spruzzatrice per accertare la tipologia del bitume.

Per l'emulsione modificata e la mano di impermeabilizzazione tipo SAMI ad ogni cantiere verrà effettuato al momento della spruzzatura un prelievo su cartoncino per ogni corsia e chilometro di stesa.

Particolare attenzione dovrà essere posta alle operazioni complementari, fillerizzazione e sgranigliatura della superficie bitumata, per evitare lo strappo della pellicola di bitume causato dal transito delle macchine operatrici di cantiere.

Il film di filler non deve presentare discontinuità, eccessivi accumuli o carenze e non deve avere in ogni caso uno spessore maggiore a 1 mm.

La sgranigliatura deve apparire uniforme ma senza creare spessore e occludere la superficie bitumata. Gli inerti devono essere prebitumati e di idonee dimensioni (secondo indicazioni della D.LL.).

9.4.1. - PENALITÀ

Qualsiasi insufficienza di quantità posata inferiore a quanto prescritto, comporterà una penalità applicata alla superficie trattata a cui si riferiscono le misure.

Per valori minori della percentuale del :

- 10% saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco, relativo alla superficie coinvolta del 20%;
- 20% saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco, relativo alla superficie coinvolta del 35%;
- 30% saranno effettuate riduzioni del prezzo di elenco,, relativo alla superficie coinvolta del 50%.

Ogni deficienza di spessore superiore al 30% comporterà il rifacimento e/o la ricopertura a cura e spese dell'Impresa.

9.5.-COMPATTAZIONE

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

L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base e di collegamento – rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 t;
- strato di usura – rulli gommati e vibranti tandem con peso massimo di 10 t.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem e ruote metalliche del peso massimo di 10.000 kg per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della D.LL. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Il piano della pavimentazione rullata dovrà essere privo di irregolarità, accertate in prima battuta dalla D.LL. mediante apposita stadia di corredo alla macchina operatrice vibrofinitrice come richiesto e in seconda battuta mediante l'indice I.R.I..

Valgono quindi tutti i requisiti inerenti la regolarità del piano pavimentato.

Al termine della compattazione gli strati di binder e usura dovranno avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore alla densità Marshall come evidenziato nei paragrafi precedenti relativi ai requisiti della posa in opera per ogni tipologia di conglomerato.

TABELLA 9 – VALORI DI ADDENSAMENTO MINIMI DEL CONGLOMERATO			
TIPOLOGIA DEL CONGLOMERATO	BASE	BINDER	USURA
Conglomerato bituminoso con bitume tal quale	98%	97%	97%
Conglomerato bituminoso con bitume polimerizzato	92%	92%	92%
Conglomerato bituminoso con bitume “alto modulo”	95%	95%	
Conglomerato bituminoso tipo usura multifunzionale			92%
Conglomerato bituminoso drenante o semidrenante			92%
Conglomerato bituminoso tipo D.D.L.			92%

Particolare attenzione dovrà essere posta nell'addensamento dei giunti (affiancamento di strisciata) per i quali non sarà tollerato uno scostamento dai valori di addensamento riportati nella tabella 9 inferiore a 2 punti percentuali relativamente alla medesima tipologia di pavimentazione.

9.6. - ATTIVITA' DI CONTROLLO DEI MATERIALI E DELLE LAVORAZIONI PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI

MATERIALE	PROVE	FREQUENZA
Miscela di progetto	Presentazione alla D.LL. da parte dell'Impresa dello studio di formulazione delle miscele che indende utilizzare nel rispetto delle indicazioni delle norme tecniche del Capitolato	
Inerti	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometria per ogni pezzatura • Coefficiente forma ed appiattimento (aggregato grosso) • Los Angeles • C.L.A. (per aggregati dello strato di usura) • Equivalente in sabbia (aggregato fino) • Fornitura alla D.LL della certificazione CE 	1 volta per ogni impianto di produzione e per ogni pezzatura
Bitume	Bitume da usarsi per il confezionamento delle miscele:	1 volta per ogni impianto di produzione e per ogni

	<ul style="list-style-type: none"> • penetrazione) • Ip (indice penetrazione) • Viscosità a 2 temperature • Tuben test 	tipo di bitume
Conglomerato bituminoso	Miscela da usarsi nelle lavorazioni: <ul style="list-style-type: none"> • % bitume • curva granulometrica • prova Marshall completa • stabilità, scorrimento e rigidità • % vuoti • trazione indiretta (solo per lo strato di usura) • modulo di rigidità su strato di usura (se richiesto dalla D.LL.) 	1 volta per ogni impianto di produzione e per tipo di miscela

IN CORSO D'OPERA ALLA STESA

MATERIALE	PROVE	FREQUENZA
Stesa delle miscele	Controllo della temperatura	N° 1 per ogni camion
Conglomerato bituminoso	<ul style="list-style-type: none"> • % bitume • curva granulometrica • prova Marshall completa • stabilità, scorrimento e rigidità • % vuoti • trazione indiretta (solo per lo strato di usura) 	N° 2 per ogni giornata di stesa
Pavimentazione finita	Carotaggi: <ul style="list-style-type: none"> • spessori • addensamenti • Drenabilità 	Carotaggi/drenabilità n° 1 ogni 250 metri di ciascuna corsia
Mano di attacco	Solo per SAMI ed emulsione modificata (no emulsione acida); <ul style="list-style-type: none"> • quantità (cartoncini) • prelievo bitume • penetrazione • punto rammollimento (palla anello) • Ip (indice di penetrazione) • Viscosità a 2 temperature • Contenuto acqua (solo per emulsione) 	Cartoncini: n° 1 ogni 500 metri di ciascuna corsia Prelievo: n° 1 ogni giornata di stesa

IN CORSO D'OPERA ALL'IMPIANTO

MATERIALE	PROVE	FREQUENZA
bitume	Bitume da usarsi per il confezionamento della miscela in uso: <ul style="list-style-type: none"> • penetrazione) • punto di rammollimento (palla anello) • Ip (indice penetrazione) • Viscosità a 2 temperature 	1 volta a settimana per ogni impianto di produzione
conglomerato bituminoso	miscela da usarsi nelle lavorazioni in corso: <ul style="list-style-type: none"> • % bitume • curva granulometrica • prova Marshall completa • stabilità, scorrimento e rigidità • % vuoti • trazione indiretta (solo per lo strato di usura) 	1 volta a settimana per ogni impianto di produzione e per tipo di miscela
aggregati	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometria per ogni pezzatura • Coefficiente forma ed appiattimento (aggregato grosso) • Los Angeles • Equivalente in sabbia (aggregato fino) • Fornitura alla D.LL della certificazione CE 	1 volta al mese o secondo indicazioni della D.LL. (necessario se cambia l'impianto o la cava fornitrice)

TERMINE LAVORI – PROVE ALTO RENDIMENTO

materiale	prove	frequenza
Pavimentazione finita	<ul style="list-style-type: none"> • GeoRadar per la misura in continuo degli spessori medi; • Skid tester per misure puntuali dell'aderenza; • C.A.T. e M.P.D.; • I.R.I. 	Radar 1 volta se richiesto dalla D.LL. - Skid (1 punto al km) - CAT, MPD, IRI sull'intera lunghezza pavimentata di ciascuna corsia

Articolo 10 **DRENAGGI**

10.1. - DRENAGGI TRADIZIONALI

(esterni alle zone pavimentate - uso indicativo)

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame, ciottolame o misto di fiume e posti in opera su platea in calcestruzzo; il cunicolo drenante di fondo sarà realizzato con tubi di cemento disposti a giunti aperti o con tubi perforati di acciaio zincato.

Il pietrame ed i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti. Il materiale di maggiori dimensioni dovrà essere sistemato negli strati inferiori mentre il materiale fino negli strati superiori.

La D.LL. potrà ordinare l'intasamento del drenaggio già costituito con sabbia lavata. L'eventuale copertura con terra dovrà essere convenientemente assestata. Il misto di fiume, da impegnare nella formazione dei drenaggi, dovrà essere pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,25 della serie ISO 565.

10.2. - DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO"

(esterni alle zone pavimentate o effettuati prima di stendere le pavimentazioni - uso indicativo)

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o per il drenaggio laterale delle pavimentazioni i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in tessuto "non tessuto" costituito da fibre sintetiche e filamenti continui coesionati mediante agugliatura meccanica o a legamento doppio con esclusione di colle o altri componenti chimici.

Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, essere resistente agli agenti chimici, alle cementazioni abituali in ambienti naturali, essere imputrescibile e atossico, avere buona resistenza alle alte temperature, essere isotropo.

In ogni caso i materiali dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D.L. Il materiale da usare dovrà avere una resistenza a trazione su striscia da 5 cm di almeno 60 Kg e buone caratteristiche filtranti (sotto un peso di 2 Kg/cm² lo spessore del non tessuto dovrà essere non inferiore a 0,5 mm); il peso minimo accettabile del tessuto non tessuto sarà invece di 350 grammi/m².

I vari elementi di non tessuto dovranno essere cuciti tra di loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore dei non tessuti, a contatto con il fondo del cavo del drenaggio e per un'altezza di almeno 5 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul poliestere) in ragione di almeno 2 Kg/m².

Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del non tessuto stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera. L'impregnazione potrà anche essere usata in altri punti per impedire la filtrazione e/o il drenaggio nel punto impregnato.

Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di non tessuto necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito verrà successivamente riempito e ben compattato con materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al setaccio 8 mm ISO 565, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il non tessuto alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il non tessuto fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata o altro materiale, a seconda della posizione del drenaggio.

10.3. - DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO

(per drenare zone già pavimentate - uso indicativo)

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzzeria della corsia di emergenza dovranno essere realizzati mediante uno scavo di larghezza non inferiore a 30 cm eseguito con idonea fresatrice automatica.

Lo scavo dovrà raggiungere una profondità di almeno 30 cm sotto il piano di posa dello strato di fondazione della pavimentazione.

Nel caso che la pendenza esistente nella pavimentazione non sia sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque (minore dell'1,0%) la profondità del cavo dovrà essere variabile in modo da consentire lo scorrimento delle acque verso gli scarichi.

Verrà sempre impiegato un filtro in tessuto non tessuto analogo a quello descritto nel precedente articolo 10.2. con le stesse modalità di impiego.

Il fondo di detto non tessuto dovrà essere impermeabilizzato con bitume, come descritto nel precedente articolo 10.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe R'bK 200 Kg/cm², dell'altezza media di 5 cm, dopo la messa in opera del "non tessuto" sulla platea, oppure dopo l'impermeabilizzazione con bitume dello stesso "non tessuto".

Per lo smaltimento delle acque si potranno utilizzare materassini in materiale sintetico non putrescibile drenanti rivestiti in "non tessuto" posti in doppio strato a diretto contatto col "non tessuto" di fondo, oppure tubazione in corrugato di p.v.c. del diametro 100 mm microfessurata.

Il cavo rivestito di "non tessuto", con dispositivo di smaltimento delle acque prescelto, verrà successivamente riempito di calcestruzzo poroso.

Il calcestruzzo poroso dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la quantità di cemento da impiegare dovrà essere pari a 150 Kg per mc. del tipo 325 preferibilmente pozzolanico o d'alto forno;
- la resistenza a compressione a 28 giorni dovrà essere maggiore od uguale a 100 Kg/cm²;
- la dimensione massima degli aggregati dovrà essere di 40 mm.
- le pezzature da usare dovranno essere di 3 tipi:
 - 0/5 per circa 300 Kg/mc;
 - 5/20 per circa 675 Kg/mc;
 - 20/40 per circa 675 Kg/mc;
- l'acqua d'impasto dovrà essere 70-80 litri/mc;
- il calcestruzzo maturato dovrà avere una capacità drenante di almeno 20 l/sec/m².

Questo calcestruzzo dovrà inoltre ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "non tessuto" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento, il calcestruzzo poroso dovrà essere ben vibrato mediante vibrocostipatori o vibratori ad immersione e si sovrapporrà il "non tessuto" fuoriuscente in sommità; su di esso verrà eseguita una copertura in conglomerato bituminoso tipo chiuso (2% dei vuoti della prova Marshall) per uno spessore medio non inferiore a 7 cm.

Articolo 11

SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o 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.

11.1. - SIGILLATURA DELLE LESIONI ESEGUITE CON EMULSIONE E SABBIA

Le sigillature eseguite con emulsione e sabbia dovranno essere realizzate con emulsione acida al 55% (tab. 5.A1) e sabbia umida con granulometria continua da 0 a 5 mm.

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

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.

11.2. - 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 particolari idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

Si procederà innanzitutto alla apertura delle fessure mediante clipper per una larghezza ed una profondità di almeno 2 cm.

Con il getto di aria immesso nelle fessure per mezzo della lancia si dovrà procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, alla eliminazione di eventuali tracce di umidità.

Il sigillante sarà del tipo bitume modificato Hard (come indicato alla tab. 5.B) uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida sarà 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 5 cm.

11.3. - SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

Si richiamano espressamente le norme di cui al precedente punto 11.2. Inoltre, in questo caso, occorre aver cura di asportare anche con sistemi tradizionali eventuali parti estranee di conglomerato bituminoso non addensato nella zona fra pavimentazione-cordolo (o New Jersey).

Articolo 12

ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE

12.1. – DESCRIZIONE

Per lavori di pavimentazione in affiancamento a sovrastrutture esistenti o per lavori di rappezzo localizzati, al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti a cavallo del giunto di ripresa longitudinale o sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ridurre la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

12.2. - CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE

Dovrà essere preventivamente demolita con apposita fresa a freddo la pavimentazione a cavallo del giunto per una larghezza di 50 cm e per una profondità di almeno 10 cm dalla superficie finita della pavimentazione (secondo le norme di cui all'art. 4.1.).

Sulla superficie così ottenuta, preventivamente emulsionata, potrà essere posta in opera una guaina prefabbricata autoadesiva a freddo, realizzata da una speciale miscela di gomma e bitume armata di rete di polipropilene all'estradosso superiore della larghezza di 45-50 cm.

Al di sopra di detta guaina verrà steso un conglomerato bituminoso chiuso con le caratteristiche di un binder (art. 6.1. al quale si rimanda per tutte le prescrizioni non menzionate espressamente), ma con vuoti Marshall non superiori al 2-3%.

La stesa del conglomerato sarà preceduta da spruzzatura con emulsione bituminosa acida al 55% delle pareti verticali della trincea longitudinale; detto conglomerato, ben compattato con apposito rullo vibrante di ridotte dimensioni, verrà successivamente ricoperto dal tappeto di usura finale.

La formazione del giunto dovrà essere programmata in modo tale che tra la stesa del binder di riempimento e la sua successiva ricopertura non passino più di 20-30 giorni; si dovrà inoltre evitare di ricoprire un riempimento troppo recente (meno di 20 giorni).

La guaina dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- spessore totale miscela gomma-bitume 1,5 mm;
- spessore rete di polipropilene 0,5 mm;
- allungamento longitudinale massimo 30%;
- allungamento trasversale massimo 25%;
- temperature limite d'esercizio 30°C minimo e 150°C massimo;

L'autoadesività della guaina dovrà essere garantita da un foglio protettivo di carta siliconata asportabile all'atto dell'applicazione.

12.3. - CASO DEL RAPPEZZO LOCALIZZATO

Nei lavori di pronto intervento, su zone sfondate, potrà essere eseguita la preventiva posa in opera di guaine del tipo descritto all'art. 12.2. prima della ricostruzione del conglomerato bituminoso asportato.

I rappezzi dovranno essere preparati con accurata demolizione del materiale degradato, riquadratura dei bordi e impregnazione con emulsione acida al 60% di tutte le superfici orizzontali e verticali.

Lo spessore del conglomerato bituminoso di riempimento dovrà in ogni caso non essere inferiore agli 8-10 cm.

12.4. - CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)

Per lavori di pavimentazioni in avanzamento a sovrastrutture esistenti, le stesse dovranno essere preventivamente demolite per una profondità minima dello spessore dello stato da ricreare raccordandosi in avanzamento nella misura di 2 m/cm.

Al termine della lavorazione il raccordo dovrà avvenire con le stesse modalità.

Articolo 13

RIPARAZIONE PICCOLE SUPERFICI

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nello stesso scambio di carreggiata sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati secondo esplicita richiesta della D.LL.

Questi interventi saranno compensati in economia e realizzati con modalità e con impiego di materiali rispondenti alle norme tecniche definite per ciascuna categoria di lavoro.

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.

Potranno altresì essere impiegate attrezzature per la rigenerazione in sito della pavimentazione di ridotte dimensioni (max 1,20 m di larghezza), quando gli ammaloramenti in atto non superano lo spessore di 7-8 cm.

In questi casi il lavoro dovrà essere realizzato secondo quanto previsto nell'articolo 8 e compensato a misura secondo il prezzo di elenco.

PARTE III
NORME RELATIVE A LAVORI DI PAVIMENTAZIONI

Articolo 14
CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

14.1 - CONGLOMERATI BITUMINOSI DI NUOVA REALIZZAZIONE

I conglomerati bituminosi, siano essi formati per lo strato di base, per quello di collegamento o per il tappeto di usura, verranno valutati in base alla superficie ordinata, secondo le larghezze previste e con gli spessori finiti prescritti.

Nei relativi prezzi a metro quadrato sono compresi tutti gli oneri per le forniture degli inerti e del legante secondo le formule accettate e/o prescritte dalla Direzione Lavori, la fornitura e la stesa del legante per ancoraggio, il nolo dei macchinari funzionanti per la confezione, il trasporto, la stesa e la compattazione dei materiali, la manodopera, l'attrezzatura e quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

In particolare si intendono compensati con i relativi prezzi a metro quadrato anche tutti gli oneri relativi alla stesa a mano dei conglomerati nelle zone inaccessibili alle macchine, quali ad esempio quelle tra le barriere di sicurezza dello spartitraffico centrale.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, avrà la facoltà di tollerare localmente ed in via del tutto eccezionale spessori inferiori ai minimi indicati, operando per le zone interessate le correttive detrazioni contabili per i minori spessori stesi.

Nel caso di esecuzione di ricariche su avvallamenti del piano viabile, e di stesa di microtappeti per la risagomatura di ormaie, le quantità di conglomerato impiegato verranno contabilizzate a volume.

Si stabilisce che il conglomerato bituminoso a caldo dovrà essere approvvigionato da impianti ubicati a distanza non superiore ai 80 Km. dai luoghi di impiego.

14.2 - CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI

La rigenerazione in sito della pavimentazione in conglomerato bituminoso verrà valutata in base alla superficie ordinata e secondo le larghezze previste e con gli spessori finiti prescritti.

Variazioni in più od in meno dello spessore dell'intervento, rispetto al valore medio prefissato, verranno computate con gli aumenti o diminuzioni sui prezzi unitari previsti in elenco prezzi, solo se espressamente ordinati dalla Direzione dei Lavori.

Nei relativi prezzi a metro quadrato sono compresi tutti gli oneri per l'esecuzione del lavoro a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni di cui all'articolo 10, comprese le integrazioni con bitume additivato con rigeneranti e con gli inerti necessari per la correzione della curva granulometrica od irruvidimento superficiale.

Per quanto espressamente non menzionato nel presente paragrafo si fa riferimento al precedente punto 14.1.

Articolo 15
RISANAMENTI DI STRUTTURE AMMALORATE

I lavori di risanamento di sovrastrutture ammalorate verranno valutati a volume, secondo la superficie e gli spessori ordinati.

Nei relativi prezzi a metro cubo sono compresi tutti gli oneri relativi al taglio della sovrastruttura ammalorata con l'impiego di sega a dischi diamantati, alla demolizione della stessa con qualsiasi mezzo, anche a mano, al carico e trasporto a rifiuto del materiale di risulta, alla sistemazione e compattazione del piano della fondazione, alla ricostruzione della sovrastruttura in conglomerato bituminoso secondo quanto previsto dall'articolo 6, ed a quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

S'intendono compensate a parte, purché ordinate dalla Direzione Lavori, la sostituzione anche parziale del materiale di fondazione in misto granulare e la eventuale stabilizzazione della fondazione con cemento.

Gli interventi di risanamento e di rinforzo della pavimentazione in corrispondenza delle porte di stazione verranno valutati a superficie, secondo le dimensioni ordinate dalla Direzione Lavori.

Si intendono compensate a parte solo eventuali rimozioni e sostituzioni di materiale di fondazione in misto granulare oltre la profondità di 40 cm del piano finito.

PARTE IV

Articolo 16

DISPOSIZIONI PARTICOLARI

L'apertura dei singoli cantieri di lavoro è subordinata all'approvazione della D.LL. competente che deve coordinare l'esecuzione dei lavori oggetto del presente appalto con quella di eventuali altri lavori manutentori nello stesso tratto autostradale, sulla base dei programmi di lavoro presentati dall'Impresa.

L'Impresa sarà in ogni caso responsabile e tenuta a rifondere i danni risentiti dalla Società appaltante o da terzi in dipendenza della esecuzione dei lavori oggetto del presente appalto; in particolare l'Impresa è responsabile dell'esatto adempimento delle disposizioni riguardanti la segnalazione, la custodia e la guardiania dei cantieri sia diurna che notturna.

In caso di necessità la D.LL. potrà ordinare materiali di segnalazione (cartelli, cavalletti, coni, lampade, ecc.) aggiuntivi a quelli già prescritti nelle Norme di sicurezza, anch'essi rispondenti alle norme vigenti.

Tale onere sarà a carico dell'Impresa.

ALLEGATO A
NORME PER LA COMPILAZIONE DELLE TABELLE INFORMATIVE NEI
CANTIERI

(art. 21.f norme generali)

• Amministrazione centrale
• Ufficio competente
• Titolo generale dell'opera
• Titolo del lavoro in appalto
• Immagini e/o grafici illustrativi dell'opera (quando tecnicamente possibile)
• Estremi della legge o del piano
• Concessionario dell'opera
• Impresa/e esecutrice/i (compresi i dati di iscrizione alla SOA per categorie ed importi oppure di iscrizione alla C.C.I.A.A.)
• Importo complessivo dei lavori
• Data di consegna dei lavori
• Data contrattuale di ultimazione dei lavori
• Progettista
• Assistente tecnico
• Direttore del cantiere
• Direttore dei lavori
• Ingegnere capo
• Subaffidatario/i (compresi i dati di iscrizione alla SOA per categorie ed importi oppure di iscrizione alla C.C.I.A.A.)
• Spazio per aggiornamento dei dati o per comunicazioni al pubblico
• <i>Nota</i> : Ulteriori informazioni sull'opera possono essere assunte presso l'Ufficio competente (specificare per esteso anche con l'indirizzo della sede)