



COMUNE DI RAVENNA

AREA INFRASTRUTTURE CIVILI
SERVIZIO STRADE



Sistema di Qualità certificato per:
Progettazione, programmazione,
affidamento, direzione lavori
dei lavori pubblici
e delle manutenzioni;
gestione espropri.

INTERVENTO:
**Interventi di manutenzione straordinaria sulla viabilità in
ambito portuale**

Progetto preliminare-definitivo-esecutivo

Segretario generale:
Dott. PAOLO NERI

Assessore ai LL.PP:
sig.ROBERTO GIOVANNI FAGNANI

Sindaco:
sig.MICHELE DE PASCALE

Capo Servizio: ing. ANNA FERRI

Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI

Firme:

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:	Ing. VALERIO BINZONI	_____
PROGETTISTA COORDINATORE:	Ing. CECILIA ROSETTI	_____
COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:	Ing. CECILIA ROSETTI	_____
PROGETTISTA OPERE STRADALI:	Ing. CECILIA ROSETTI	_____
PROGETTISTA OPERE FOGNARIE:	Dott. GIANLUCA RICEPUTI	_____
PROGETTISTA VIABILITA' E SEGNALETICA:	Geom. AGNESE CENTOLANI	_____

0	EMISSIONE	C.R.	V.B.	A.F.	01/10/2018
Rev.	Descrizione:	Redatto:	Contollato	Approvato	Data:

ELABORATO:

**NORME TECNICHE D'APPALTO: requisiti di accettazione materiali,
controlli e penalià**

Fascicolo 368/2018	Data: OTTOBRE 2018	Codice Elaborato: R_1002
Scala:	File: R_1002 N.T.doc	Revisione: 0

NORME TECNICHE D'APPALTO

**OGGETTO : INTERVENTI DI MANUTENZIONE
STRAORDINARIA SULLA VIABILITA' IN AMBITO
PORTUALE**

NORME TECNICHE PER :

- ***STABILIZZAZIONE A CEMENTO***
- ***CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI
BINDER MODIFICATO ALTO MODULO***
- ***CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI
USURA MODIFICATO ALTO MODULO***

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	STABILIZZAZIONE IN SITO A CEMENTO PER STRATO DI FONDAZIONE.....	6
2.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE.....	6
2.1.1	Legante.....	6
2.1.2	L'acqua	6
2.1.3	Aggregati	6
2.1.4	La miscela.....	7
2.2	CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA.....	10
2.3	PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA.....	10
2.4	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	10
2.5	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	11
2.6	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	11
2.6.1	Fase di qualifica.....	11
2.7	PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA.....	11
2.8	PENALITÀ	12
2.8.1	Spessori.....	12
2.8.2	Controlli della posa in opera.....	13
3	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BINDER MIGLIORATO.....	15
3.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE.....	15
3.1.1	Il legante	15
3.1.2	Gli aggregati	15
3.1.3	La miscela.....	18
3.2	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	20
3.3	PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA.....	20
3.4	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	21
3.5	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	22
3.6	REQUISITI DI ACCETTAZIONE E CONTROLLI	22
3.6.1	Certificati di qualità	22
3.6.2	Fase di pre-qualifica	23
3.6.3	Fase di qualifica.....	24
3.6.4	Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva.....	24

3.6.5	<i>Penalità</i>	25
3.6.5.1	<i>Spessori</i>	25
3.6.5.2	<i>% di vuoti in opera</i>	26
3.6.5.3	<i>Modulo di Rigidezza (IT-CY a 20°C)</i>	26
3.6.5.4	<i>Analisi FT-IR</i>	27
4	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA MIGLIORATO	28
4.1	<i>MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE</i>	28
4.1.1	<i>Il legante</i>	28
4.1.2	<i>Gli aggregati</i>	28
4.1.3	<i>La miscela</i>	31
4.2	<i>CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE</i>	33
4.3	<i>PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA</i>	33
4.4	<i>POSA IN OPERA DELLA MISCELA</i>	34
4.5	<i>QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI</i>	35
4.6	<i>REQUISITI DI ACCETTAZIONE E CONTROLLI</i>	35
4.6.1	<i>Fase di pre-qualifica</i>	36
4.6.2	<i>Fase di qualifica</i>	37
4.6.3	<i>Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva</i>	37
4.6.4	<i>Penalità</i>	38
4.6.4.1	<i>Spessori</i>	38
4.6.4.2	<i>% di vuoti in opera</i>	39
4.6.4.3	<i>Modulo di Rigidezza (IT-CY a 20°C)</i>	39
4.6.4.4	<i>Analisi FT-IR</i>	40

1 PREMESSA

Il presente documento descrive le Norme tecniche di Appalto per la Ristrutturazione della sovrastruttura stradale nell'area portuale di Ravenna.

Ciascun capitolo contiene al suo interno le caratteristiche compositive e prestazionali dei materiali, le modalità di produzione e di posa in opera, il piano di qualifica, il piano di controllo in corso d'opera, il calcolo di eventuali detrazioni dovute a non conformità.

In linea generale si prescrive quanto segue:

1. gli **aggregati**, destinati alla realizzazione dello strato di Fondazione (aggregati di integrazione), per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili **dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata obbligatoriamente dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dall'allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13242** (Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade) in conformità al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 Novembre 2009, pubblicato nella GU n.40 del 18/02/2010.
2. gli **aggregati**, destinati alla produzione di Conglomerati bituminosi, per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili **dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata obbligatoriamente dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dall'allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043** (Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette al traffico) in conformità al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 Novembre 2009, pubblicato nella GU n.40 del 18/02/2010.
3. **Il conglomerato bituminoso per strato di Collegamento Migliorato e strato di Usura Migliorato**, per essere ritenuto idoneo e quindi impiegabile **dovrà essere dotato obbligatoriamente di Marcatura CE ai sensi della UNI EN 13108-1, approccio empirico**. Le ulteriori caratteristiche richieste (Modulo di Rigidezza – Trazione Indiretta) dovranno essere documentate in allegato con certificati di prova ai sensi della specifiche Norme: UNI EN 12697-26, UNI EN 12697-23.

4. i **bitumi** per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili **dovranno essere dotati obbligatoriamente di Marcatura CE ai sensi della UNI EN 14023** (Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri).
5. le **emulsioni bituminose cationiche** per essere ritenute idonee e quindi impiegabili **dovranno essere dotate obbligatoriamente di Marcatura CE ai sensi della UNI EN 13808** (Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose).
6. i **cementi** per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili **dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata obbligatoriamente dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dall'allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 197-1.**

Tutte le attività sperimentali di pre-qualifica, qualifica, controlli in corso d'opera e posa in opera dovranno essere eseguite da un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori e Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 presso la sua sede operativa e tramite un laboratorio di cantiere.

2 STABILIZZAZIONE IN SITO A CEMENTO PER STRATO DI FONDAZIONE

Le miscele stabilizzate in sito con cemento sono costituite da materiali granulari naturali e/o di riciclo della vecchia pavimentazione (strato di fondazione esistente), compreso eventualmente porzioni di strato in conglomerato bituminoso, aggregati di integrazione, cemento e acqua.

Qualora i materiali risultassero di natura plastica dovranno essere preventivamente trattati a calce. Il dosaggio di calce dovrà essere stabilito, mediante opportuni studi preliminari di laboratorio, allo scopo di verificare il raggiungimento del miglioramento prefissato delle caratteristiche del materiale con il minimo impiego di calce tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

2.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

2.1.1 Legante

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1.

Possono essere impiegati unicamente cementi della classe di resistenza *42.5R*, dei seguenti tipi:

- cemento Portland;
- cemento d'altoforno;
- cemento pozzolanico.

2.1.2 L'acqua

L'acqua utilizzata deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive e comunque conforme alla norma UNI EN 1008.

2.1.3 Aggregati

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni esistenti: conglomerato bituminoso di recupero, misto cementato, misto granulare (fondazione esistente), tout venant ed eventualmente aggregati vergini (di primo impiego) di integrazione.

Dovrà essere utilizzato aggregato fino per la correzione granulometrica finalizzata al rispetto dei limiti granulometrici di cui alla Tabella 1. Il dosaggio di detto aggregato non dovrà superare il 20 % della massa della miscela e dovrà essere posato sulla superficie di fondazione da stabilizzare in sito in via preventiva alla posa in opera del cemento. (tale aggiunta dovrà essere compensata con un eventuale incremento dello spessore di fresatura). L'aggregato di correzione dovrà soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

Caratteristiche	Prove	Norme	Tolleranza di accettabilità
Dimensione massima	Analisi granulometrica	UNI EN 933-1	$D_{\max} \leq 4$
Requisito di granulometria	Analisi granulometrica	UNI EN 933-1	G_c dichiarata
Qualità dei fini Equivalente in sabbia	Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	$ES \geq 60$
Limite Liquido	Limite Liquido	CNR UNI 10014	$W_L \leq 25$
Indice di Plasticità	Indice di Plasticità	CNR UNI 10014	I_P N.P.
Componenti Idrosolubili	Componenti Idrosolubili	UNI EN 1744-3	Assenti
Sostanze organiche	Sostanze organiche	UNI EN 1744-1	Assenti

Tabella 1. Caratteristiche degli aggregati di integrazione

2.1.4 La miscela

La miscela degli aggregati impiegati per la stabilizzazione in sito a cemento dovrà avere la composizione granulometrica compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:

Setaccio (mm)	Passante (%)	
63	100	100
40	86	100
20	70	96
14	62	90
8	48	76
4	30	58
2	20	42
0.25	7	20
0.063	5	12

Tabella 2. Fuso granulometrico

Tale miscela dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente:

Requisito	Metodo di Prova	Valore Limite	Dimensione provini
Resistenza a Compressione stagionatura 3gg a 40°C	UNI EN 13286-41	$1.3 \leq R_c \leq 3.5 \text{ MPa}$	Diametro 150 mm Altezza 160-200 mm Provino costipato con UNI EN 12697-31 (180 giri)
Resistenza a Trazione Indiretta stagionatura 3gg a 40°C	UNI EN 13286-42	$0.20 \leq R_t \leq 0.45 \text{ MPa}$	Diametro 150 mm Altezza 100-130 mm Provino costipato con UNI EN 12697-31 (180 giri)
Resistenza a Compressione stagionatura 7gg a 40°C	UNI EN 13286-41	$2.0 \leq R_c \leq 5.0 \text{ MPa}$	Diametro 150 mm Altezza 160-200 mm Provino costipato con UNI EN 12697-31 (180 giri)
Resistenza a Trazione Indiretta stagionatura 7gg a 40°C	UNI EN 13286-42	$0.25 \leq R_t \leq 0.50 \text{ MPa}$	Diametro 150 mm Altezza 100-130 mm Provino costipato con UNI EN 12697-31 (180 giri)

Tabella 3. Requisiti meccanici della fondazione stabilizzata in sito con cemento

Lo strato di fondazione stabilizzata in sito con cemento in opera dovrà avere le caratteristiche conformi ai requisiti nella seguente Tabella 4:

Requisito	Metodo di Prova	Valore Limite
Modulo di compressibilità (Portanza su Piastra con intervallo 0.15-0.25 N/mm ²)	CNR BU 146	$M_d(\text{entro le 12 ore dalla compattazione}) \geq 100 \text{ N/mm}^2$
Modulo E _{vd} dopo 2 ore dalla compattazione	German Technical Specification for Soil and Rock in Road Construction TB BF - StB Pert B 8,3	$\geq 50 \text{ MPa}$
Modulo E _{vd} dopo 4 ore dalla compattazione	German Technical Specification for Soil and Rock in Road Construction TB BF	$\geq 70 \text{ MPa}$
Modulo E _{vd} dopo 6 ore dalla compattazione	German Technical Specification for Soil and Rock in Road Construction TB BF	$\geq 100 \text{ MPa}$
Determinazione della Densità in sito	CNR BU 22	$\geq 95 \% \text{ Densità secca dei provini compattati con pressa giratorio a 80 giri con fustella}$

Requisito	Metodo di Prova	Valore Limite
		da 150 mm (UNI EN 12697-6 procedura D)
Spessore	UNI EN 12697-36	Progetto

Tabella 4. Requisiti di portanza in sito

L'impresa dovrà effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende stabilizzare in sito a cemento indicando la composizione granulometrica ottimale (misto granulare dello strato di fondazione esistente corretto in granulometria con aggregati di aggiunta per il rispetto dei requisiti granulometrici di cui alla Tabella 2) e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale in massa rispetto al totale della miscela di aggregati. **Lo studio dovrà essere effettuato in via VECCHI** previo prelievo di materiale granulare della fondazione esistente interessata dal trattamento, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità. Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli aggregati.

Lo studio di prequalifica delle miscele in laboratorio dovrà essere eseguito su campioni compattati mediante pressa giratoria con le seguenti impostazioni:

- angolo di rotazione: $1,25^\circ + 0,02^\circ$;
- velocità di rotazione: 30 rotazioni/minuto;
- pressione verticale: kPa 600;
- diametro del provino: 150 mm;
- N° giri: 180.

Lo schema da seguire è il seguente:

CEMENTO (%)	3			4			5			<i>Le percentuali sono da intendersi in massa sulla miscela degli aggregati</i>
ACQUA DI COMPATTAZIONE (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° PROVINI	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

Tabella 5. Schema di studio

Lo studio di prequalifica deve contenere le seguenti caratteristiche:

- granulometria della miscela;
- ottima % di acqua di compattazione;
- ottima % di cemento;
- densità massima ottenuta per la miscela ottimale previa compattazione con pressa giratoria dopo 80 giri;
- valori delle resistenze risultanti dalle prove meccaniche previa compattazione con pressa giratoria dopo 180 giri

Dosaggi differenti da quelli riportati in Tabella 5 per il raggiungimento delle caratteristiche di cui alla Tabella 3, dovranno essere giustificati sperimentalmente.

Non sono ammessi dosaggi di cemento inferiori al 3%.

2.2 CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA

La stabilizzazione con cemento deve essere realizzata mediante opportuno “treno” di riciclaggio costituito da: mezzo spandimento, macchina stabilizzatrice (tale da fresare la pavimentazione esistente e miscelare in maniera omogenea aggregati, cemento e acqua) , autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno 2 rulli.

2.3 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

L'impresa potrà procedere alla stesa degli aggregati di integrazione e del cemento, rispettivamente nei dosaggi previsti in prequalifica, successivamente alla verifica di accettazione del piano di fresatura da parte della Direzione Lavori.

Eventuali anomalie delle quote di progetto dovranno essere ripristinate prima della posa degli aggregati di integrazione e del cemento sulla superficie da stabilizzare in sito.

2.4 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La stabilizzazione viene effettuata tramite il “treno” di riciclaggio, previa posa in opera del previsto dosaggio di aggregato di integrazione granulometrica e di cemento.

Subito dopo la miscelazione, l'addensamento dello strato dovrà essere effettuato con rullo monotamburo vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 tonnellate. La stesa non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C,

superiori a 25°C ed in caso di pioggia. A discrezione della Direzione Lavori, l'impresa potrà eseguire le lavorazioni a differenti temperature attivando tutte le misure necessarie per proteggere la miscela da eccessiva evaporazione. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a cura e spese dell'impresa.

2.5 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti riportati nelle Tabelle 1, 2, 3.

2.6 ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

2.6.1 Fase di qualifica

Documentazione da presentare alla Direzione Lavori entro 20 giorni prima dell'inizio dei lavori, per ciascun fornitore:

- I. Dichiarazione di Prestazione del cemento in conformità al Regolamento Europeo (UE) n.305/2011, accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'allegato ZA della Norma europea armonizzata UNI EN 197-1.
- II. Dichiarazione di Prestazione degli aggregati di integrazione in conformità al Regolamento Europeo (UE) n.305/2011, accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'allegato ZA della Norma europea armonizzata UNI EN 12620 (Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade) conforme ai requisiti indicati nella Tabella 1.
- III. Studio di qualifica della miscela in accordo alle prescrizioni del paragrafo 2.1.4.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati ottenuti o di fare eseguire nuove ricerche.

L'approvazione in fase di qualifica dovrà essere comunicata ufficialmente dalla Direzione Lavori all'Appaltatore. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

2.7 PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'attività sperimentale dovrà essere condotta da un laboratorio autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 e indicato dalla Direzione Lavori. Il Laboratorio dovrà garantire l'assistenza sperimentale (tecnici di laboratorio e allestimento di un laboratorio di cantiere) necessaria all'espletamento delle

attività di controllo previste nelle presenti prescrizioni tecnologiche.

Il controllo di qualità della stabilizzazione in sito a cemento deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sul materiale stabilizzato, sul piano di posa.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro, numerato e vidimato dalla Direzione Lavori, sul quale il Laboratorio dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati.

Sul materiale stabilizzato deve essere verificata la conformità dei requisiti di cui alla Tabella 3 con 2 prelievi per ogni area (la preparazione dei provini da sottoporre a maturazione e verifica delle resistenze meccaniche dovrà essere effettuato in corso d'opera immediatamente dopo il prelievo).

Sul piano di posa dovranno essere eseguite le verifiche di conformità dei requisiti riportati nella Tabella 4 per ogni area di verifica.

2.8 PENALITÀ

Le penali indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela fornita rispetto a quella definita in fase di prequalifica e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Nel caso in cui le non conformità dei requisiti successivamente riportati dovessero rendere necessario il rifiuto dell'area di verifica si impone l'obbligo da parte dell'Appaltatore di provvedere alla sua rimozione e successiva ricostruzione.

2.8.1 Spessori

Il controllo dello spessore sarà effettuato sulle carote estratte dalla pavimentazione finita (le carote potranno essere estratte non prima di 90 giorni dalla posa in opera della miscela) . Sarà valutato lo spessore medio di almeno 2 carote per ciascuna area di verifica. Nel calcolo di tale media non si terrà conto di quantità eccedenti il 105% dello spessore richiesto.

Nel caso in cui il valore medio dello spessore di un'area di verifica risulti compreso tra il 99.9 % e l'80.0 % dello spessore di progetto saranno applicate le seguenti detrazioni sull'importo dell'area:

spessore carota tra il 95% e il 99.9% dello spessore di progetto : 5% detrazione

spessore carota tra il 90% e il 94.9% dello spessore di progetto : 15% detrazione

spessore carota tra il 80% e il 89.9% dello spessore di progetto : 25% detrazione

Se lo spessore medio sarà inferiore all'80% del valore prescritto l'area di verifica sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà provvedere alla sua rimozione e successiva ricostruzione.

A discrezione delle Direzione Lavori il controllo potrà essere effettuata sulla base di una mirata indagine georadar per il rilievo degli spessori, valutando lo spessore medio rilevato su non meno di 8 allineamenti per sezione trasversale per tutta la lunghezza dell'intervento.

2.8.2 Controlli della posa in opera

A compattazione ultimata saranno effettuate le misure della portanza dello strato mediante prova di carico con piastra dinamica (Evd a differenti tempi di maturazione, come riportato nella Tabella 4, utile per la valutazione del processo di maturazione della miscela) e statica a ciclo unico (CNR BU N.146).

Saranno eseguite almeno 3 prove di carico con piastra statica per ciascuna area di verifica, entro massimo 12 ore dalla compattazione dello strato.

Lo strato sarà ritenuto conforme se :

- $M_d > 100 \text{ MPa}$

Se il valore medio del modulo M_d sarà inferiore a 100 MPa l'area di verifica sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà provvedere alla sua rimozione e successiva ricostruzione.

Saranno inoltre effettuate le misure della densità secca mediante prove di densità in sito (CNR BU N.22). Saranno eseguite almeno 3 prove per ciascuna area di verifica, entro massimo 12 ore dalla compattazione dello strato.

Lo strato sarà ritenuto conforme se γ_s risulta maggiore del 95 % del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 80 giri e/o dichiarato prima dell'inizio dei lavori.

Nel caso in cui il valore della densità γ_s di un'area di verifica sia compreso tra 90 e il 95 % del valore di riferimento saranno applicate le seguenti detrazioni sull'importo dell'area di verifica stessa:

$\gamma_s / \gamma_{\text{laboratorio}}$ tra 94.9% e 93%: 3% detrazione

γ_s / $\gamma_{\text{laboratorio}}$ tra 92.9% e 90%: 5% detrazione

Se il valore della densità γ_s sarà inferiore al 90% del valore di riferimento, l'area di verifica sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà provvedere alla sua rimozione e successiva ricostruzione.

3 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BINDER MIGLIORATO

Il presente articolo ha per oggetto la realizzazione dello strato di collegamento in conglomerato bituminoso della pavimentazione portuale.

3.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

3.1.1 Il legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido modificato (sono leganti contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici e cere paraffiniche, o altre sostanze modificanti che ne variano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche).

Il bitume prescritto deve essere di tipo modificato, ovvero a modifica polimerica di tipo SBS, con le seguenti caratteristiche classificate ai sensi della UNI EN 14023 (Bitumi e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri):

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	(Classe 3) 25/55
Punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	(Classe 4) ≥ 70
Ritorno Elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	(Classe 2) ≥ 80
Stabilità allo Stoccaggio	UNI EN 13399 UNI EN 1427	°C	(Classe 2) ≤ 5
<i>Durabilità (UNI EN 12607-1)</i>			
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	(Classe 7) ≥ 60
Incremento del Punto di Rammollimento	UNI EN1427	%	(Classe 2) ≤ 8

Tabella 6. Caratteristiche del bitume

Il bitume modificato dovrà essere eventualmente additivato con attivante di adesione al fine di consentire il rispetto del requisito “Affinità degli aggregati grossi ai leganti bituminosi” riportato in Tabella 7.

3.1.2 Gli aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Dovranno essere esclusivamente di primo impiego e risulteranno composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso (frazione granulometrica trattenuta al setaccio da 2 mm e passante al setaccio da 45 mm) deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti, per ogni classe granulometrica utilizzata nella formulazione della miscela, i requisiti indicati in Tabella 7.

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Dimensioni dell'aggregato	UNI EN 933-1	mm	d/D dichiarata*
Granulometria	UNI EN 933-1	%	G _c dichiarata*
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	Mg/m ³	ρ _{ssd} ρ _a ρ _{rd}
Percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	%	C _{95/1}
Forma dell'aggregato grosso – Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	-	SI ₂₀
Forma dell'aggregato grosso – Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	-	FI ₁₅
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	-	LA ₂₅
Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-8	-	PSV dichiarata*
Resistenza all'abrasione superficiale	UNI EN 1097-8 Appendice A	-	AAV dichiarata*
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-1		M _{DE} dichiarata*
Resistenza allo shock termico	UNI EN 1367-5	-	V _{LA} dichiarata*
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	F ₁
Composizione chimica	UNI EN 932-3	-	dichiarata*
Affinità degli aggregati grossi ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	%	≥ 95

Tabella 7. Caratteristiche dell'aggregato grosso

L'aggregato fine (frazione granulometrica trattenuta al setaccio da 0.063 mm e passante al setaccio da 2 mm) sarà costituito da elementi naturali e di frantumazione, con caratteristiche riassunte in tabella:

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Dimensioni dell'aggregato	UNI EN 933-1	mm	d/D
Granulometria	UNI EN 933-1	%	G _F
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	Mg/m ³	ρ_{ssd} ρ_a ρ_{rd} dichiarata*
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	g/kg	MB _F dichiarata*
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 70
Composizione chimica	UNI EN 932-3	-	dichiarata*

Tabella 8. Caratteristiche dell'aggregato fine

Il filler (frazione granulometrica passante al setaccio 0,063 mm) proviene dalla frazione fine degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Granulometria	UNI EN 933-10	%	dichiarata*
Prova Blaine	UNI EN196-6	cm ² /g	dichiarata*
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-7	Mg/m ³	dichiarata*
Porosità del filler compattato secco	UNI EN 1097-4	%	V _{28/45}
Anello e Palla dell'aggregato filler per miscele bituminose	UNI EN 13179-1	°C	$\Delta_{R\&B}$ 8/16
Numero di bitume del filler addizionato	UNI EN 13179-2	%	dichiarata*
Solubilità in acqua	UNI EN 1774-1	%	WS ₁₀
Reattività all'acqua	UNI EN 1774-4	%	dichiarata*
Fini nocivi	UNI EN 933-9	g/kg	MB _F dichiarata*

Tabella 9. Caratteristiche del filler

* il simbolo riportato nelle tabelle indica le categorie dei requisiti per i quali non si prescrive un particolare valore, rimandando così ad una accettazione di quanto dichiarato dal produttore. Tale dichiarazione del produttore potrà, pur non essendo oggetto di prescrizione progettuale, essere verificata dalla Direzione Lavori al fine di evidenziarne eventuali difformità tra quanto riscontrato in fase di qualifica e controllo in fase esecutiva e quanto dichiarato in qualifica.

3.1.3 La miscela

Il conglomerato bituminoso per lo strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO dovrà avere la composizione granulometrica riportata di seguito (UNI EN 12697-2), definita utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2:

Setaccio (mm)	% passante	
20	100	100
16	85	100
12,5	70	90
8	52	75
4	36	58
2	25	42
0,5	10	23
0,25	6	16
0,063	6	9

Tabella 10. Fuso granulometrico del conglomerato bituminoso per lo strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO

Altresì dovrà rispettare i seguenti requisiti meccanici e fisici:

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	min 150 max 190
Contenuto di legante solubile	UNI EN 12697-1	%	B _{min} 4,6
Contenuto di vuoti residui ¹	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6	%	V _{min} 3,0 V _{max} 5,0
Contenuto di vuoti residui ²	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6	%	V _{min} 2,0
Sensibilità all'acqua ³	UNI EN 12697-12	%	ITSR ₉₀

Prova Marshall ⁴	UNI EN 12697-34	kN	S _{min10}
		mm	F dichiarato*
		kN/mm	Q _{min} dichiarato*
Rigidezza (IT-CY a 20°C) ¹	UNI EN 12697-26	MPa	S _{min 5500}
Resistenza a trazione indiretta ¹	UNI EN 12697-23	GPa*	ITS _{min} 0,95
Resistenza alla deformazione permanente (a 40°C) ⁵	UNI EN 12697-22	%	PRD _{AIR3,0}

Tabella 11. Caratteristiche dello strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO

1- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 (120 giri con fustella ϕ 150);

2- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 (200 giri con fustella ϕ 150);

3- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 (40 giri con fustella ϕ 150);

4- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-30 (2x75 colpi).

5- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-33 ricostituendo il medesimo grado di addensamento ottenuto su campioni compattati con pressa giratoria a 120 giri con fustella ϕ 150.

Lo strato finito di conglomerato bituminoso per lo strato di collegamento migliorato dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

Requisito	Metodo	u.m.	Valore
Contenuto di vuoti residui ⁶	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6	%	max 7%
Spessore ⁶	UNI EN 12697-36	mm	di progetto

Tabella 12. Requisiti meccanici e fisici per lo strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO

6- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso in opera, ovvero prelevati mediante operazioni di carotaggio in accordo con la UNI EN 12697-27.

3.2 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato bituminoso per la realizzazione dello strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO dovrà essere 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. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti dovrà preventivamente e convenientemente essere 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione e miscele rispondenti a quelle indicate nell'allegato ZA - UNI EN 13108.

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

3.3 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

Prima della realizzazione dello strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO in conglomerato bituminoso con bitume modificato Alto Modulo, sarà necessario preparare la superficie di stesa con opportuna mano di attacco e graniglia 5/10 posata con sistemi automatici. Per mano d'attacco si intende una strato di interconnessione in emulsione bituminosa cationica avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi all'interfaccia di strati in conglomerato bituminoso sovrapposti. Il dosaggio dell'emulsione bituminosa sarà tale per cui il bitume residuo risulti pari ad 1Kg/m².

Le caratteristiche dell'emulsione bituminosa cationica sono riportate in Tabella 13 e classificate ai sensi della UNI EN 13808 (Bitumi e leganti bituminosi – Quadro sulle specifiche per emulsioni cationiche bituminose):

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Polarità delle particelle	UNI EN 1430	-	Positiva
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	(Classe 4) 70-130

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Contenuto di legante (per contenuto d'acqua)	UNI EN 1428	%	(Classe 7) 65-69
Contenuto di legante recuperato per distillazione	UNI EN 1431	%	(Classe 7) ≥ 65
Contenuto di olio distillato	UNI EN 1431	%	(Classe 2) ≤ 2
Tempo di efflusso 40°C – 2mm	UNI EN 12846	s	(Classe 5) 70-130
Residuo al setaccio 0.5mm	UNI EN 1429	%	(Classe 3) ≤ 0.2
Residuo al setaccio 0.16mm	UNI EN 1429	%	(Classe 3) ≤ 0.5
Tendenza alla sedimentazione (7gg di stoccaggio)	UNI EN 12847	%	(Classe 3) ≤ 10
Residuo al setaccio 0.5mm (7gg di stoccaggio)	UNI EN 1429	%	(Classe 4) ≤ 0.5
Adesività	UNI EN 13614	%	(Classe 2) ≥ 75
<i>Caratteristiche del legante recuperato</i>			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	(Classe 3) ≤ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	(Classe 2) ≥ 55
Energia di coesione (Pendulum Test)	UNI EN 13588	J/cm ²	(Classe 4) ≥ 1
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	(Classe 4) ≥ 50

Tabella 13. Caratteristiche dell'emulsione per mano d'attacco**3.4 POSA IN OPERA DELLA MISCELA**

La posa in opera del conglomerato bituminoso per la realizzazione dello strato di COLLEGAMENTO MIGLIORATO dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si dovrà porre la massima cura nella formazione dei giunti di accostamento i quali dovranno essere emulsionati per assicurare la perfetta adesione con le pareti delle strisciate successive e con la parete dell'eventuale cassonetto.

Tutti i giunti di accostamento dovranno essere realizzati previo taglio verticale ed asportazione

della parte terminale di azzeramento o laterale di stesa (quest'ultima solo quando le strisciate di accostamento vengono realizzate in tempi differenti) onde poter procedere all'accostamento delle superfici di nuova realizzazione.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 150°C.

La stesa dei conglomerati sarà sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi saranno immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Appaltatore.

La compattazione del conglomerato bituminoso inizierà appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Si dovranno utilizzare rulli tandem a ruote metalliche di peso non inferiore a 12 tonnellate e rulli gommati da 18 tonnellate.

Si dovrà aver 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.

3.5 QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti riportati nelle Tabelle 6, 7, 8, 9, 10, 13.

3.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE E CONTROLLI

3.6.1 Certificati di qualità

L'Appaltatore, contestualmente alla stipula del contratto, è tenuto a presentare in fase di pre-qualifica, per ciascun impianto di produzione di conglomerati bituminosi coinvolto nelle attività di fornitura (fornitore), la documentazione attestante la conformità dei materiali che intende fornire rispetto ai requisiti prescritti (vedi fase di pre-qualifica). Tale documentazione dovrà essere valutata dalla Direzione Lavori che si riserva, entro 5 giorni, di accettare i prodotti o di richiedere eventuali modifiche nel caso di una riscontrata non conformità documentale tra i requisiti riportati in

marcatatura CE e quanto prescritto nelle presenti NTA.

L'approvazione in fase di pre-qualifica dovrà essere comunicata ufficialmente dalla Direzione Lavori all'Appaltatore, mediante indicazione dell'elenco dei fornitori pre-qualificati.

Ottenuta l'approvazione dei fornitori in fase di pre-qualifica, **l'Appaltatore è tenuto a inviare** alla Direzione Lavori, a propria cura e onere, non meno di 20 giorni prima dell'inizio dei lavori, per ciascun fornitore prequalificato, **campioni di bitume, aggregato grosso, aggregato fine, filler, fresato e conglomerato bituminoso al fine di poter eseguire le necessarie attività in fase di qualifica per la verifica della conformità sperimentale dei materiali ai requisiti riportati in marcatatura CE e prescritti nelle presenti Norme Tecniche di Appalto (NTA)** (vedi fase di qualifica). In tale fase la Direzione Lavori si riserva di eseguire verifiche sperimentali anche sui requisiti dichiarati dal fornitore ma non oggetto di specifiche prescrizioni nelle presenti NTA, al fine di verificare la validità di quanto dichiarato in marcatatura CE.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati ottenuti o di fare eseguire nuove ricerche.

L'approvazione in fase di qualifica, che si intende ad onere dell'Appaltatore, dovrà essere comunicata ufficialmente dalla Direzione Lavori.

3.6.2 Fase di pre-qualifica

Documentazione da presentare alla Direzione Lavori contestualmente alla stipula del contratto, per ciascun fornitore:

1. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE del legante in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 14023 (Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri) e conforme ai requisiti indicati nella Tabella 6;
2. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE dell'emulsione bituminosa in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 13808 (Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose) e conforme ai requisiti indicati nella Tabella 13;
3. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE degli aggregati in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 13043 (Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette al traffico) e conforme ai requisiti indicati in Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9;
4. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE dei conglomerati bituminosi in

conformità alla Norma armonizzata UNI EN 13108-1 (Miscele bituminose – Specifiche del materiale), conforme ai requisiti indicati in Tabella 10, Tabella 11;

5. Dichiarazione del livello di frequenza di controllo (livello X, Y, Z) dell'impianto di produzione del conglomerato bituminoso secondo la descrizione riportata nella norma UNI EN 13108-21.

Nel caso di formulazioni in cui si prevede l'utilizzo di fresato, si dovrà fornire la sua qualifica in conformità alla norma UNI EN13108-8.

Nel caso in cui le Dichiarazione di Conformità e gli Allegati ZA presentino solo alcuni dei requisiti prescritti, tale documentazione dovrà essere accompagnata da certificati di prova relativi ai requisiti mancanti.

3.6.3 Fase di qualifica

Attività sperimentale da eseguirsi ad onere dell'Appaltatore presso il Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori. I campioni per tale attività dovranno essere inviati alla Direzione Lavori non meno di 20 giorni prima dell'inizio dei lavori, prelevati da ciascun fornitore:

- I. Bitume modificato per la verifica dei requisiti di cui alla Tabella 6;
- II. Emulsione bituminosa cationica per la verifica dei requisiti di cui alla Tabella 13 (per le imprese coinvolte nelle attività di posa in opera).
- III. Singole classi granulometriche di aggregati utilizzati per la produzione del conglomerato bituminoso per la verifica dei soli requisiti prescritti alla tabella 7, Tabella 8, Tabella 9;
- IV. Conglomerato bituminoso per la verifica dei requisiti di cui alla Tabella 10, Tabella 11.

3.6.4 Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva

L'attività sperimentale dovrà essere condotta da un laboratorio autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 e indicato dalla Direzione Lavori, con onere dell'Appaltatore. Il Laboratorio dovrà garantire l'assistenza sperimentale (tecnici di laboratorio e allestimento di un laboratorio di cantiere) necessaria all'espletamento delle attività di controllo previste nelle presenti prescrizioni tecnologiche.

Il controllo di qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuata mediante prove di laboratorio sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro, numerato e vidimato dalla Direzione Lavori,

sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati.

Sul conglomerato bituminoso sciolto devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità secondo quanto prescritto nella Tabella 10 e nella Tabella 11 con un prelievo ogni area di verifica (quindi 2 prelievi) ciascuno composto da due campioni di massa non inferiore a 30kg (1 per l'esecuzione delle prove e 1 per eventuali prove successive di approfondimento).

Dovranno essere prelevate per ciascuna area di verifica 2 carote di diametro ϕ 150mm, di cui 2 per la verifica di conformità dei requisiti di cui alla Tabella 12, 1 per l'analisi FT-IR per la determinazione della presenza di polimeri di modifica nei bitumi (il legante dovrà essere estratto dal campione di conglomerato bituminoso per distillazione e successiva estrazione del solvente con Rotavapor).

3.6.5 Penalità

Le penali indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela fornita rispetto a quella definita in fase di qualifica e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

3.6.5.1 Spessori

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni area di verifica, dalle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per spessore in eccesso di oltre il 5% rispetto a quello di progetto, il valore corrispondente allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutta l'area di verifica, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,1 s^2$$

dove s è lo scostamento in percentuale dal valore di progetto valutato con

$$s = (S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} * \gamma_{\text{carota}} / \gamma_{\text{progetto}}) * 100 / S_{\text{progetto}}$$

γ_{progetto} è quello dichiarato dall'Appaltatore (densità del provino compattato con pressa giratoria UNI EN 12697-31 a 120 giri rilevata in fase di qualifica).

Nei casi in cui

$$(S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} * \gamma_{\text{carota}}/\gamma_{\text{progetto}}) \geq 0,15 S_{\text{progetto}}$$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Appaltatore. In tal caso sarà possibile predisporre, a discrezione e onere dell'Appaltatore, una campagna di ulteriore verifica degli spessori sull'intera area di intervento. Tali risultanze andranno mediate con quanto verificato sperimentalmente in corso d'opera.

3.6.5.2 % di vuoti in opera

Per il contenuto dei vuoti residui, misurati su conglomerato bituminoso prelevato per ciascuna area di verifica, inferiori al valore minimo del 2% misurato su provini compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 con 200 giri e con fustella ϕ 150mm, verrà applicata, per tutta l'area di verifica, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 * (2 - v) \quad \text{con } v < 2\%, \text{ dove } v \text{ è il valore rilevato.}$$

Per valori dei vuoti residui, mediati sulle carote prelevate nella medesima area di verifica, superiori a quelli previsti (max 7%) verrà applicata, per tutta l'area di verifica, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 v^2, \text{ dove } v \text{ è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7\%.}$$

Un contenuto di vuoti residui superiori al 10% comporterà la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Appaltatore.

Si ricorda che per il calcolo del contenuto dei vuoti residui si dovrà utilizzare preferibilmente il contenuto di legante solubile e la massa volumica della miscela di aggregati rilevati sul conglomerato sciolto prelevato in prossimità della medesima area di verifica.

3.6.5.3 Modulo di Rigidezza (IT-CY a 20°C)

I lavori eseguiti nella singola area di verifica, non verranno considerati accettabili, con conseguente rimozione del tratto stesso e ricostruzione a spese dell'Appaltatore, qualora si verifichi la seguente disuguaglianza:

$$\text{Modulo di Rigidezza (IT-CY a 20°C)} \leq 5500 \text{ MPa.}$$

Nel caso in cui i risultati delle prove fornissero valori intermedi tra quelli rappresentanti i limiti di accettabilità in Tabella 11 e quanto sopra indicato, si procederà, in relazione a ciascuna area di

verifica, ad una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

% di detrazione = $(5500 - \text{Modulo}) / 200$ con Modulo < 5500 MPa e > 4000 MPa.

3.6.5.4 Analisi FT-IR

I lavori eseguiti nella singola area di verifica, non verranno considerati accettabili, con conseguente rimozione del tratto stesso e ricostruzione a spese dell'Appaltatore, qualora l'analisi FT-IR eseguita sul legante bituminoso estratto dalla carota relativa all'area di verifica stessa confermi l'assenza di polimero SBS.

4 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA MIGLIORATO

Il presente articolo ha per oggetto la realizzazione dello strato di usura in conglomerato bituminoso della pavimentazione portuale.

4.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

4.1.1 Il legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido modificato (sono leganti contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici e cere paraffiniche, o altre sostanze modificanti che ne variano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche).

Il bitume prescritto deve essere di tipo modificato, ovvero a modifica polimerica di tipo SBS, con le seguenti caratteristiche classificate ai sensi della UNI EN 14023 (Bitumi e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri):

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	(Classe 3) 25/55
Punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	(Classe 4) ≥ 70
Ritorno Elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	(Classe 2) ≥ 80
Stabilità allo Stoccaggio	UNI EN 13399 UNI EN 1427	°C	(Classe 2) ≤ 5
<i>Durabilità (UNI EN 12607-1)</i>			
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	(Classe 7) ≥ 60
Incremento del Punto di Rammollimento	UNI EN1427	%	(Classe 2) ≤ 8

Tabella 14. Caratteristiche del bitume

Il bitume modificato dovrà essere eventualmente additivato con attivante di adesione al fine di consentire il rispetto del requisito “Affinità degli aggregati grossi ai leganti bituminosi” riportato in Tabella 15.

4.1.2 Gli aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Dovranno essere esclusivamente di primo impiego e risulteranno composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso (frazione granulometrica trattenuta al setaccio da 2 mm e passante al setaccio da 45 mm) deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti, per ogni classe granulometrica utilizzata nella formulazione della miscela, i requisiti indicati in Tabella 15:

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Dimensioni dell'aggregato	UNI EN 933-1	mm	d/D dichiarata*
Granulometria	UNI EN 933-1	%	G _c dichiarata*
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	Mg/m ³	ρ _{ssd} ρ _a ρ _{rd}
Percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	%	C _{100/0}
Forma dell'aggregato grosso – Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	-	SI ₁₅
Forma dell'aggregato grosso – Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	-	FI ₁₀
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	-	LA ₂₀
Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-8	-	PSV ₄₄
Resistenza all'abrasione superficiale	UNI EN 1097-8 Appendice A	-	AAV ₁₀
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-1		M _{DE} 10
Resistenza allo shock termico	UNI EN 1367-5	-	V _{LA} dichiarata*
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	F ₁
Composizione chimica	UNI EN 932-3	-	dichiarata*
Affinità degli aggregati grossi ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	%	≥ 95

Tabella 15. Caratteristiche dell'aggregato grosso

L'aggregato fine (frazione granulometrica trattenuta al setaccio da 0.063 mm e passante al setaccio da 2 mm) sarà costituito da elementi naturali e di frantumazione, con caratteristiche riassunte in tabella:

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Dimensioni dell'aggregato	UNI EN 933-1	mm	d/D
Granulometria	UNI EN 933-1	%	G_f
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	Mg/m ³	ρ_{ssd} ρ_a ρ_{rd} dichiarata*
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	g/kg	MB_F dichiarata*
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 70
Composizione chimica	UNI EN 932-3	-	dichiarata*

Tabella 16. Caratteristiche dell'aggregato fine

Il filler (frazione granulometrica passante al setaccio 0,063 mm) proviene dalla frazione fine degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Granulometria	UNI EN 933-10	%	dichiarata*
Prova Blaine	UNI EN196-6	cm ² /g	dichiarata*
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-7	Mg/m ³	dichiarata*
Porosità del filler compattato secco	UNI EN 1097-4	%	$V_{28/45}$
Anello e Palla dell'aggregato filler per miscele bituminose	UNI EN 13179-1	°C	$\Delta_{R\&B}$ 8/16
Numero di bitume del filler addizionato	UNI EN 13179-2	%	dichiarata*
Solubilità in acqua	UNI EN 1774-1	%	WS_{10}
Reattività all'acqua	UNI EN 1774-4	%	dichiarata*
Fini nocivi	UNI EN 933-9	g/kg	MB_F dichiarata*

Tabella 17. Caratteristiche del filler

* il simbolo riportato nelle tabelle indica le categorie dei requisiti per i quali non si prescrive un particolare valore, rimandando così ad una accettazione di quanto dichiarato dal produttore. Tale dichiarazione del produttore potrà, pur non essendo oggetto di prescrizione progettuale, essere verificata dalla Direzione Lavori al fine di evidenziarne eventuali difformità tra quanto riscontrato in fase di qualifica e controllo in fase esecutiva e quanto dichiarato in qualifica.

4.1.3 La miscela

Il conglomerato bituminoso per lo strato di USURA MIGLIORATO dovrà avere la composizione granulometrica riportata di seguito (UNI EN 12697-2), definita utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2:

Setaccio (mm)	% passante	
16	100	100
12.5	90	100
8	70	88
4	40	58
2	25	38
0.5	10	20
0.25	8	16
0.063	6	10

Tabella 18. Fuso granulometrico del conglomerato bituminoso per lo strato di USURA MIGLIORATO

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Temperatura della miscela	UNI EN 12697-13	°C	min 150 max 190
Contenuto di legante solubile	UNI EN 12697-1	%	B _{min} 5,6
Contenuto di vuoti residui ¹	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6 procedimento C	%	V _{min} 3,0 V _{max} 5,0
Contenuto di vuoti residui ²	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6 procedimento C	%	V _{min} 2,0
Sensibilità all'acqua ³	UNI EN 12697-12	%	ITSR ₉₀
Prova Marshall ⁴	UNI EN 12697-34	kN mm kN/mm	S _{min10} F dichiarato* Q _{min} dichiarato*

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Rigidezza (IT-CY a 20°C) ¹	UNI EN 12697-26	MPa	S _{min3600}
Resistenza a trazione indiretta ¹	UNI EN 12697-23	GPa*	ITS _{min} 0,95
Resistenza al fluido disgelante	UNI EN 12697-41	%	β ₈₅
Resistenza al carburante	UNI EN 12697-43	-	buona resistenza
Resistenza alla deformazione permanente (a 40°C) ⁵	UNI EN 12697-22	%	PRD _{AIR3,0}

Tabella 19. Caratteristiche dell'USURA ALTO MODULO

1- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 (160 giri con fustella φ 150);

2- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 (240 giri con fustella φ 150);

3- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 (40 giri con fustella φ 150);

4- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-30 (2x75 colpi);

5- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-33 ricostituendo il medesimo grado di addensamento ottenuto su campioni compattati con pressa giratoria a 120 giri con fustella φ 150.

Lo strato finito di conglomerato bituminoso di USURA HARD dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

Requisito	Metodo	u.m.	Valore
Contenuto di vuoti residui ⁶	UNI EN 12697-8 UNI EN 12697-6	%	max 6%
Spessore ⁷	UNI EN 12697-36	mm	di progetto

Tabella 20. Requisiti meccanici e fisici per lo strato di USURA HARD in opera

6- il requisito dovrà essere determinato su campioni di conglomerato bituminoso in opera, ovvero prelevati mediante operazioni di carotaggio in accordo con la UNI EN 12697-27;

7- il requisito dovrà essere determinato nel caso di superfici di intervento limitate in termini di estensione.

4.2 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato bituminoso per la realizzazione dello strato di USURA MIGLIORATO dovrà essere 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. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti dovrà preventivamente e convenientemente essere 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione e miscele rispondenti a quelle indicate nell'allegato ZA - UNI EN 13108.

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

4.3 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

Prima della realizzazione dello strato di Usura in conglomerato bituminoso con bitume modificato Alto Modulo, sarà necessario preparare la superficie di stesa con opportuna mano di attacco e graniglia 5/10 posata con sistemi automatici. Per mano d'attacco si intende una strato di interconnessione in emulsione bituminosa cationica avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi all'interfaccia di strati in conglomerato bituminoso sovrapposti. Il dosaggio dell'emulsione bituminosa sarà tale per cui il bitume residuo risulti pari ad 1Kg/m^2 .

Le caratteristiche dell'emulsione bituminosa cationica sono riportate in Tabella 21 e classificate ai sensi della UNI EN 13808 (Bitumi e leganti bituminosi – Quadro sulle specifiche per emulsioni cationiche bituminose):

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Polarità delle particelle	UNI EN 1430	-	Positiva
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	(Classe 4) 70-130

Requisito	Metodo	u.m.	Classe
Contenuto di legante (per contenuto d'acqua)	UNI EN 1428	%	(Classe 7) 65-69
Contenuto di legante recuperato per distillazione	UNI EN 1431	%	(Classe 7) ≥ 65
Contenuto di olio distillato	UNI EN 1431	%	(Classe 2) ≤ 2
Tempo di efflusso 40°C – 2mm	UNI EN 12846	s	(Classe 5) 70-130
Residuo al setaccio 0.5mm	UNI EN 1429	%	(Classe 3) ≤ 0.2
Residuo al setaccio 0.16mm	UNI EN 1429	%	(Classe 3) ≤ 0.5
Tendenza alla sedimentazione (7gg di stoccaggio)	UNI EN 12847	%	(Classe 3) ≤ 10
Residuo al setaccio 0.5mm (7gg di stoccaggio)	UNI EN 1429	%	(Classe 4) ≤ 0.5
Adesività	UNI EN 13614	%	(Classe 2) ≥ 75
<i>Caratteristiche del legante recuperato</i>			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	(Classe 3) ≤ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	(Classe 2) ≥ 55
Energia di coesione (Pendulum Test)	UNI EN 13588	J/cm ²	(Classe 4) ≥ 1
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	(Classe 4) ≥ 50

Tabella 21. Caratteristiche dell'emulsione per mano d'attacco

4.4 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La posa in opera del conglomerato bituminoso per la realizzazione dello strato di USURA HARD dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si dovrà porre la massima cura nella formazione dei giunti di accostamento i quali dovranno essere emulsionati per assicurare la perfetta adesione con le pareti delle strisciate successive e con la parete dell'eventuale cassonetto.

Tutti i giunti di accostamento dovranno essere realizzati previo taglio verticale ed asportazione della parte terminale di azzeramento o laterale di stesa (quest'ultima solo quando le strisciate di accostamento vengono realizzate in tempi differenti) onde poter procedere all'accostamento delle superfici di nuova realizzazione.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 150°C.

La stesa dei conglomerati sarà sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi saranno immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Appaltatore.

La compattazione del conglomerato bituminoso inizierà appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Si dovranno utilizzare rulli tandem a ruote metalliche di peso non inferiore a 12 tonnellate.

Si dovrà aver 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.

4.5 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti riportati nelle Tabelle 14, 15, 16, 17, 18, 21.

4.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE E CONTROLLI

L'Appaltatore, contestualmente alla stipula del contratto, è tenuto a presentare in fase di pre-qualifica, per ciascun impianto di produzione di conglomerati bituminosi coinvolto nelle attività di fornitura (fornitore), la documentazione attestante la conformità dei materiali che intende fornire rispetto ai requisiti prescritti (vedi fase di pre-qualifica). Tale documentazione dovrà essere valutata dalla Direzione Lavori che si riserva, entro 5 giorni, di accettare i prodotti o di richiedere eventuali modifiche nel caso di una riscontrata non conformità documentale tra i requisiti riportati in marcatura CE e quanto prescritto nelle presenti NTA.

L'approvazione in fase di pre-qualifica dovrà essere comunicata ufficialmente dalla Direzione Lavori all'Appaltatore, mediante indicazione dell'elenco dei fornitori pre-qualificati.

Ottenuta l'approvazione dei fornitori in fase di pre-qualifica, **l'Appaltatore è tenuto a inviare alla Direzione Lavori, a propria cura e onere, non meno di 20 giorni prima dell'inizio dei lavori, per ciascun fornitore prequalificato, campioni di bitume, aggregato grosso, aggregato fine, filler, fresato e conglomerato bituminoso al fine di poter eseguire le necessarie attività in fase di qualifica** per la verifica della conformità sperimentale dei materiali ai requisiti riportati in marcatura CE e prescritti nelle presenti Norme Tecniche di Appalto (NTA) (vedi fase di qualifica). In tale fase la Direzione Lavori si riserva di eseguire verifiche sperimentali anche sui requisiti dichiarati dal fornitore ma non oggetto di specifiche prescrizioni nelle presenti NTA, al fine di verificare la validità di quanto dichiarato in marcatura CE.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati ottenuti o di fare eseguire nuove ricerche.

L'approvazione in fase di qualifica dovrà essere comunicata ufficialmente dalla Direzione Lavori all'Appaltatore, mediante indicazione dell'elenco dei fornitori qualificati. Tale comunicazione sarà propedeutica all'inizio dei lavori.

Materiali provenienti da fornitori non qualificati non verranno accettate dalla Direzione Lavori e quindi allontanate dal cantiere. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

4.6.1 Fase di pre-qualifica

Documentazione da presentare alla Direzione Lavori contestualmente alla stipula del contratto, per ciascun fornitore:

6. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE del legante in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 14023 (Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati da polimeri) e conforme ai requisiti indicati nella Tabella 14;
7. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE dell'emulsione bituminosa in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 13808 (Bitumi e leganti bituminosi - Quadro di riferimento delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose) e conforme ai requisiti indicati nella Tabella 21;
8. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE degli aggregati in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 13043 (Aggregati per miscele bituminose e trattamenti

superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette al traffico) e conforme ai requisiti indicati in Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17;

9. Dichiarazione di Prestazione relativa alla Marcatura CE dei conglomerati bituminosi in conformità alla Norma armonizzata UNI EN 13108-1 (Miscele bituminose – Specifiche del materiale), conforme ai requisiti indicati in Tabella 18, Tabella 19;
10. Dichiarazione del livello di frequenza di controllo (livello X, Y, Z) dell'impianto di produzione del conglomerato bituminoso secondo la descrizione riportata nella norma UNI EN 13108-21.

Nel caso di formulazioni in cui si prevede l'utilizzo di fresato, si dovrà fornire la sua qualifica in conformità alla norma UNI EN13108-8.

Nel caso in cui le Dichiarazione di Conformità e gli Allegati ZA presentino solo alcuni dei requisiti prescritti, tale documentazione dovrà essere accompagnata da certificati di prova relativi ai requisiti mancanti.

4.6.2 Fase di qualifica

Attività sperimentale da eseguirsi ad onere dell'Appaltatore presso il Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori. I campioni per tale attività dovranno essere inviati alla Direzione Lavori non meno di 20 giorni prima dell'inizio dei lavori, prelevati da ciascun fornitore:

- V. Bitume modificato per la verifica dei requisiti di cui alla Tabella 14;
- VI. Emulsione bituminosa cationica per la verifica dei requisiti di cui alla Tabella 21 (per le imprese coinvolte nelle attività di posa in opera).
- VII. Singole classi granulometriche di aggregati utilizzati per la produzione del conglomerato bituminoso per la verifica dei soli requisiti prescritti alla Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17;
- VIII. Conglomerato bituminoso per la verifica dei requisiti di cui alla Tabella 18, Tabella 19.

4.6.3 Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva

L'attività sperimentale dovrà essere condotta da un laboratorio autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 e indicato dalla Direzione Lavori, con onere dell'Appaltatore. Il Laboratorio dovrà garantire l'assistenza sperimentale (tecnici di laboratorio e allestimento di un laboratorio di cantiere) necessaria all'espletamento delle attività di controllo previste nelle presenti prescrizioni tecnologiche.

Il controllo di qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuata mediante prove di laboratorio sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro, numerato e vidimato dalla Direzione Lavori, sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati.

Sul conglomerato bituminoso sciolto devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità secondo quanto prescritto nella Tabella 18 e Tabella 19 con un prelievo ogni area di verifica ciascuno composto da due campioni di massa non inferiore a 30kg (1 per l'esecuzione delle prove e 1 per eventuali prove successive di approfondimento).

Dovranno essere prelevate per ciascuna area di verifica 3 carote di diametro ϕ 150mm, di cui 2 per la verifica di conformità dei requisiti di cui alla Tabella 20, 1 per l'analisi FT-IR per la determinazione della presenza di polimeri di modifica nei bitumi (il legante dovrà essere estratto dal campione di conglomerato bituminoso per distillazione e successiva estrazione del solvente con Rotavapor).

4.6.4 Penalità

Le penali indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela fornita rispetto a quella definita in fase di qualifica e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

4.6.4.1 Spessori

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni area di verifica, dalle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per spessore in eccesso di oltre il 5% rispetto a quello di progetto, il valore corrispondente allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutta l'area di verifica, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,1 s^2$$

dove s è lo scostamento in percentuale dal valore di progetto valutato con

$$s = (S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} * \gamma_{\text{carota}} / \gamma_{\text{progetto}}) * 100 / S_{\text{progetto}}$$

γ_{progetto} è quello dichiarato dall'Appaltatore (densità del provino compattato con pressa giratoria

UNI EN 12697-31 a 120 giri rilevata in fase di qualifica).

Nei casi in cui

$$(S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} * \gamma_{\text{carota}}/\gamma_{\text{progetto}}) \geq 0,15 S_{\text{progetto}}$$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Appaltatore. In tal caso sarà possibile predisporre, a discrezione e onere dell'Appaltatore, una campagna di ulteriore verifica degli spessori sull'intera area di intervento. Tali risultanze andranno mediate con quanto verificato sperimentalmente in corso d'opera.

4.6.4.2 % di vuoti in opera

Per il contenuto dei vuoti residui, misurati su conglomerato bituminoso prelevato per ciascuna area di verifica, inferiori al valore minimo del 2% misurato su provini compattati in laboratorio in accordo con la UNI EN 12697-31 con 200 giri e con fustella ϕ 150m, verrà applicata, per tutta l'area di verifica, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 * (2 - v) \quad \text{con } v < 2\%, \text{ dove } v \text{ è il valore rilevato.}$$

Per valori dei vuoti residui, mediati sulle carote prelevate nella medesima area di verifica, superiori a quelli previsti (max 7%) verrà applicata, per tutta l'area di verifica, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$\% \text{ di detrazione} = 2 v^2$, dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%.

Un contenuto di vuoti residui superiori al 10% comporterà la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Appaltatore.

Si ricorda che per il calcolo del contenuto dei vuoti residui si dovrà utilizzare preferibilmente il contenuto di legante solubile e la massa volumica della miscela di aggregati rilevati sul conglomerato sciolto prelevato in prossimità della medesima area di verifica.

4.6.4.3 Modulo di Rigidezza (IT-CY a 20°C)

I lavori eseguiti nella singola area di verifica, non verranno considerati accettabili, con conseguente rimozione del tratto stesso e ricostruzione a spese dell'Appaltatore, qualora si verifichi la seguente disuguaglianza:

Modulo di Rigidezza (IT-CY a 20°C) ≤ 3000 MPa.

Nel caso in cui i risultati delle prove fornissero valori intermedi tra quelli rappresentanti i limiti di accettabilità in Tabella 11 e quanto sopra indicato, si procederà, in relazione a ciascuna area di verifica, ad una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

% di detrazione = $(3600 - \text{Modulo})/150$ con Modulo < 3600 MPa e > 3000 MPa.

4.6.4.4 Analisi FT-IR

I lavori eseguiti nella singola area di verifica, non verranno considerati accettabili, con conseguente rimozione del tratto stesso e ricostruzione a spese dell'Appaltatore, qualora l'analisi FT-IR eseguita sul legante bituminoso estratto dalla carota relativa all'area di verifica stessa confermi l'assenza di polimero SBS.