

## Articolo 23

# TAPPETO DI USURA CON LEGANTE CHIARO PER STRADE EXTRAURBANE

Il tappeto di usura con legante chiaro (trasparente) è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei naturali, legante chiaro e additivi.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

### A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

#### 1) Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi chiari. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A1.

**Tabella A.1**

<b>AGGREGATO GROSSO</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C <sub>100,0</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F <sub>1</sub>
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI <sub>30</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA <sub>24</sub>	%	≤1,5	WA <sub>24,2</sub>
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV <sub>44</sub>

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ( $D_{max}=4$  mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità PSV ≤44 il trattenuto al setaccio 2 mm non deve essere maggiore del 20 %.

**Tabella A.2**

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Massa di granuli proveniente da sabbie di frantumazione			%	100	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤10	f <sub>10</sub> (*)

(\*) Quando il passante al setaccio 0,063 mm è inferiore al 3% in massa non sono richieste ulteriori prove; quando è compreso tra il 3% ed il 10% deve essere determinato il valore di blu di metilene (UNI EN 933-9), che deve risultare ≤ 25 g/kg (MB<sub>F</sub>25).

## 2) Filler

Nella produzione dei conglomerati chiari deve essere utilizzato prevalentemente (almeno 2/3) filler industriale costituito da carbonato di calcio con l'eventuale aggiunta di calce idrata (filler composito). La parte restante può essere costituita da filler di recupero (preferibilmente polvere di roccia calcarea), comunque di colore chiaro e privo di residui di bitume nero.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

**Tabella A.3**

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V <sub>28/45</sub>
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ <sub>R&amp;B</sub>	%	≥5	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

## 3) Legante

Il legante chiaro (trasparente) deve essere di derivazione bituminosa, modificato con polimeri.

Il legante deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il legante ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

**Tabella A.4**

LEGANTE CHIARO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 60	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 <sup>-1</sup>	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R <sub>E</sub>	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
<b>Valori dopo RTFOT</b>	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del legante trasparente. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

#### 4) Additivi

Per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7).

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

Al fine di ottenere una **colorazione più chiara**, la miscela può essere additivata con lo 0,5% di biossido di titanio.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

#### 5) Miscele

Il conglomerato con legante chiaro prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

**Tabella A.5**

TAPPETO CHIARO AC 12 - COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	8 – 12
Contenuto di legante (%)		5,5 – 6,5

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31). In alternativa, quando non è possibile utilizzare il metodo volumetrico, si può utilizzare il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6 (metodo volumetrico), oppure in Tabella A.7 (metodo Marshall).

**Tabella A.6**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo esterno di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G <sub>min9</sub>
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V <sub>min3,0</sub> – V <sub>max6</sub>
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR <sub>90</sub>
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,45	
Coefficiente di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 65	

(\*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D<sub>G</sub>  
 (\*\*\*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

**Tabella A.7**

<b>METODO MARSHALL</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S <sub>min</sub>	kN	10	S <sub>min10</sub>
Rigidezza Marshall		Q <sub>min</sub>	kN/mm	3 – 4,5	Q <sub>min3</sub>
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V <sub>min3,0</sub> – V <sub>max6</sub>
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR <sub>90</sub>
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,45	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C		CTI	MPa	≥ 65	

(\*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D<sub>M</sub>

## B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

<sup>1</sup> Coefficiente di trazione indiretta CTI =  $\pi/2$  DRt/Dc

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

## C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Prima della produzione del conglomerato con legante chiaro l'impianto deve essere accuratamente pulito in modo da evitare che eventuali residui di conglomerato bituminoso nero (degli impasti precedenti) possano contaminare (sporcare) la miscela chiara.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del legante neutro alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

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

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

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

## D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto d'usura con legante chiaro è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di tappeto di usura chiaro.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato con polimeri steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella stessa Tabella D.1.

**Tabella D.1**

<b>EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R <sub>E</sub>	%	≥ 75	4
Coessione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm <sup>2</sup>	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

## E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura con legante chiaro viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Prima della posa del conglomerato con legante chiaro la vibrofinitrice e tutte le altre attrezzature utilizzate per la stesa devono essere accuratamente pulite in modo da evitare che eventuali residui di conglomerato bituminoso nero possano contaminare (sporcare) la miscela chiara. Qualora questo dovesse accadere si procederà alla rimozione dello strato di tappeto con legante chiaro e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato.

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

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

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

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso chiaro deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere perfettamente puliti, privi di tracce di bitume nero e di qualsiasi altro materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura per proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

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

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

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare immediatamente dopo la stesa con la vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

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

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Il tappeto con legante chiaro viene steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato con legante chiaro e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

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

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di legante e la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento  $D_G$  (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 - 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461).

In situ vengono misurate la **macrotesitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

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

dove  $s$  è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[ S_{progetto} - S_{misurato} \times \left( \frac{\gamma_{carota}}{0,98 \times \gamma_{miscela}} \right) \right]}{S_{progetto}}$$

$\gamma_{miscela}$  è la massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa. In mancanza di prelievi di miscela sfusa e dei conseguenti risultati di prova si

può utilizzare il  $\gamma_{\text{miscela}}$  riportato nello studio della miscela ( $D_G$  della tabella A.6 ovvero  $D_M$  della tabella A.7).

Nei casi in cui risulti  $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione  $LA \leq 20$  ed alla levigabilità  $PSV \geq 44$ , viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione  $LA > 20$  ed alla levigabilità  $PSV < 44$ , viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove  $nc$  è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione  $LA > 20$  ed alla levigabilità  $PSV < 44$ , trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove  $sa$  è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove  $v$  è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove  $t$  è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,65 e 1,40 MPa.



La **macrotestitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 mm viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4 mm.

Valori di HS inferiori a 0,30 mm comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'eccesso nella quantità di legante, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 6 e 12 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'**aderenza** (resistenza allo slittamento PTV) con l'apparecchio Pendulum Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 60 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione del tappeto di usura chiaro e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

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

**Tabella F.1**

<b>CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE</b>				
<b>STRATO</b>	<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI DA CONTROLLARE</b>
Usura chiara	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura chiara	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura chiara	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura chiara	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura chiara	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura chiara	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura chiara	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta.
Usura chiara	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura chiara	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 60