

# DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE, CERTIFICAZIONE E CONTROLLO DI ASFALTI CON ADDITIVI DA RICICLO

## *Risultati del Progetto SARR*

Lingua	Parole Chiave
IT	Economia Circolare, Plastiche di fondovasca, Trattamento Rifiuti, NORMA UNI 10667-14:2016, Asfalto

**Data:** Marzo 2021

**Autori:** Ing. Fabrizio Gallian

**Studio Gallian sas**



FORESTAORO VENETO



## Allegato A3



Un moltiplicatore di opportunità.  
Da non lasciarsi sfuggire.

# **DELIVERABLE PROGETTO SARR AZ. 2.4**

*Descrizione del processo di produzione,  
certificazione e controllo di asfalti con additivi da riciclo*

APRILE 2021

Studio Gallian sas



**FORESTAORO VENETO**



## **Descrizione del processo di produzione, certificazione e controllo di asfalti con additivi da riciclo**

### Indice

00 Introduzione

01 Specifiche asfalti ed asfalti riciclati

02 Processo relativo all'asfalto con additivi da riciclo

02.01 Situazione dei materiali che conformano l'asfalto con additivi da riciclo

02.02 Rilevamento del metodo di fabbricazione e controlli di produzione

02.03 Circuito di forniture delle risorse

02.04 Gestione logistica

03 Documentazione di approvazione per ente accreditato NANDO

03.01 Situazione legislativa e normativa

03.02 Documentazione di marcatura da portare all'ente di certificazione

04 Documentazione a corredo del prodotto

04.01 Schede prodotto e di sicurezza

04.02 Specifiche di messa in opera e controllo

04.03 Gestione del prodotto finito posato

05 Conclusioni



## Descrizione del processo di produzione, certificazione e controllo di asfalti con additivi da riciclo

### 00.00 Introduzione

Indice

0 Introduzione

1 Processo relativo all'asfalto con additivi da riciclo

2 Documentazione di approvazione per ente accreditato NANDO

3 Documentazione a corredo del prodotto

### 0 Introduzione

Il conglomerato bituminoso è un materiale composto da una miscela di aggregati di varie dimensioni (ghiaia, sabbia e filler), e da un legante di natura bituminosa (naturale o artificiale). Tale composto viene principalmente utilizzato per la stesura di manti stradali e in questo progetto è stata valutata la possibilità di impiegare materiali provenienti da riciclo, in particolare materie plastiche e residuo di fondo vasca, per ottenere un conglomerato bituminoso avente proprietà aggiuntive in termini di maggiori proprietà drenanti e riduzione della rumorosità degli pneumatici.

Si sono quindi analizzati i processi di produzione di conglomerati bituminosi, valutando la possibilità di inserire nel ciclo i materiali provenienti da fonti di riciclo, si è identificato il percorso necessario per ottenere la marcatura CE di tali prodotti e si sono poi realizzate le istruzioni di posa e di controllo del materiale nella realizzazione di manti stradali.

### 1 Processo relativo all'asfalto con additivi di riciclo

Nella prima parte della relazione si sono identificati le principali caratteristiche dei conglomerati bituminosi e come esse possano essere modificate non l'aggiunta di materie plastiche da fonti di riciclo.

In particolare si sono descritte le caratteristiche principali dei conglomerati bituminosi e dei materiali che li costituiscono, valutando le possibili modifiche ottenute con l'introduzione di materie plastiche. Si sono analizzati inoltre i processi di fabbricazione utilizzati attualmente per la produzione di asfalti, con le modalità ideali di introduzione di additivi plastici nel ciclo produttivo. Si sono inoltre identificati i principali controlli da effettuare nella produzione e nella scelta delle materie prime, al fine di ottenere un prodotto adatto ad essere certificato e quindi commercializzato.

Si è inoltre verificato quali siano le corrette specifiche per quanto riguarda le risorse, intese sia come materiali di partenza ma anche di attrezzature coinvolte nella produzione quali macchinari e strumenti di misura. Su questi materiali si sono identificati i controlli da eseguire in termini di specifiche e di manutenzioni periodiche. Si sono inoltre analizzati brevemente le risorse umane coinvolte nel ciclo del materiale, sia in fase di produzione che in fase di stesura.

Infine si è valutata la gestione logistica, intesa come rapporti con fornitori e consumatori del prodotto, sia per quanto riguarda le materie prime come leganti ed aggregati, sia per quanto riguarda i materiali provenienti dai centri di riciclo.

### 2 Documentazione di approvazione per ente accreditato NANDO

Nella sezione successiva di questa relazione si sono identificate le principali norme tecniche che regolano la marcatura CE di conglomerati bituminosi, comprensivi delle norme per quanto riguarda aggregati e bitumi. Le norme si suddividono in varie parti a seconda delle proprietà e degli utilizzi finali a cui sono destinati i materiali. Inoltre vengono indicate le proprietà che è necessario valutare ed i metodi di prova di riferimento per calcolarne il valore.

Si è inoltre indicato il percorso da seguire per procedere alla marcatura CE di un conglomerato bituminoso, le figure coinvolte e le implicazioni che hanno nei confronti della produzione e del conglomerato finito. Questo percorso coinvolge un ente notificato NANDO, che deve certificare il



**FORESTAORO VENETO**



prodotto ed il sistema di Controlli di Fabbrica attuati per il mantenimento delle specifiche nel tempo, garantendo la costanza delle proprietà del prodotto finito.

### **3 Documentazione a corredo del prodotto**

In allegato al prodotto finito occorre inoltre indicare la documentazione che va prodotta e consegnata al fine di permettere una corretta gestione e utilizzo del conglomerato bituminoso.

In particolare si è prodotta una scheda di prodotto fac-simile, dove vengono indicate le principali proprietà e le caratteristiche fondamentali del conglomerato bituminoso, specificando le proprietà per un prodotto additivato con materiali plastici provenienti da fonti di riciclo.

Si sono inoltre indicate le specifiche di messa in opera e controllo, ovvero le modalità per la stesura corretta del conglomerato, specificando le diverse fasi necessarie alla formazione del manto stradale. Si sono inoltre indicati i principali controlli che possono essere realizzati al fine di verificare che la posa in opera del prodotto sia stata effettuata correttamente e valutarne le principali proprietà tramite l'ausilio di prove distruttive e non distruttive.

Infine si è riportato un riepilogo di come deve essere condotta la gestione del conglomerato bituminoso una volta in esercizio. Sono stati indicati i principali tipi di difetti che possono verificarsi nella superficie del manto stradale, generando possibili pericoli per gli utilizzatori. Si sono inoltre riportate le principali modalità di manutenzione che può essere realizzata al fine di risanare zone di asfalto ammalorate e ripristinarle in piena efficienza.



## 01.00 Specifiche asfalti ed asfalti con additivi da riciclo

Indice

0 Introduzione

1 Materiali costituenti

2 Conglomerati bituminosi modificati

3 Specifiche conglomerati bituminosi

### 0 Introduzione

L'asfalto, o più correttamente il conglomerato bituminoso, è un materiale comunemente impiegato per la realizzazione di superfici carrabili, come strade e aeroporti. È composto principalmente da aggregati di diversa granulometria e da un legante a base bituminosa. Le dimensioni degli aggregati e la loro distribuzione risultano fondamentali per le caratteristiche finali del conglomerato bituminoso, in quanto permettono di regolare la quantità di vuoti presenti nel risultato finale, determinandone le proprietà.

Il manto stradale viene solitamente realizzato con due o tre strati sovrapposti, i quali devono essere resistenti all'usura in superficie e devono distribuire correttamente i carichi negli strati inferiori.

### 1 Materiali costituenti

Il conglomerato bituminoso è composto principalmente da aggregati (fino all'80-85% in volume), uniti da un legante che fornisce coesione all'impasto.

Gli aggregati si distinguono in base alla granulometria e all'origine, caratteristiche che ne incidono pesantemente nell'utilizzo e nelle proprietà finali del conglomerato bituminoso.

Il legante solitamente è il bitume e presenta al suo interno una componente oleosa, gli asfalteni e delle resine. Le caratteristiche di questi tre componenti conferiscono le caratteristiche di resistenza meccanica e di lavorabilità al conglomerato bituminoso.

### 2 Conglomerati bituminosi modificati

Le moderne tecniche di frazionamento del petrolio sono orientate ad estrarre la più alta percentuale possibile delle frazioni usate come combustibili o per la produzione della plastica, ovvero le frazioni leggere. Questa direzione ha causato una riduzione della qualità dei prodotti meno pregiati, come i bitumi artificiali.

Per migliorare le qualità dell'asfalto, è possibile introdurre nel conglomerato bituminoso una porzione di materiali plastici, al fine di migliorarne le proprietà meccaniche e drenanti. Sono presenti nel mercato, infatti, appositi additivi a base di materie plastiche, che permettono di conferire migliori prestazioni al manto stradale. Un'alternativa a questi additivi è rappresentata dalla plastica proveniente da impianti di riciclaggio. Tale materiale di scarto, infatti, presenta delle componenti chimiche estremamente simili agli additivi presenti in commercio, anche se con un maggior grado di impurità. La presenza di materiale estraneo, tuttavia, non rappresenta un problema nella produzione di asfalti, in quanto le principali impurità presenti nella plastica di riciclo è rappresentata da materiale organico, che non altera in modo negativo le caratteristiche del conglomerato bituminoso finale.

Oltre ad eliminare il problema dello smaltimento di questi prodotti, la loro aggiunta nella produzione di manti stradali migliora la capacità drenante (l'asfalto tradizionale è impermeabile, con possibile formazione di pozze d'acqua).

### 3 Specifiche conglomerati bituminosi

Per quanto riguarda i conglomerati tradizionali, vengono riportate di seguito le principali specifiche che il materiale deve riscontrare.

L'aggregato grosso è composto dal materiale inerte avente dimensioni superiori ai 2 mm. Tale materiale deve rispettare i limiti imposti dalla norma UNI EN 13043:

Resistenza alla frammentazione (Los Angeles):	$\leq 25\%$ (LA <sub>25</sub> )
Superfici frantumate	C <sub>95/1</sub>
Resistenza al gelo/disgelo	$\leq 1\%$ (F <sub>1</sub> )
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	$\leq 5\%$
Coefficiente di forma	$\leq 20$ (SI <sub>20</sub> )
Coefficiente di appiattimento	$\leq 15$ (FI <sub>15</sub> )
Contenuto di fini	$\leq 0,5\%$ (f <sub>0,5</sub> )

L'aggregato fine è invece rappresentato dalla frazione avente dimensioni minori di 2 mm, composta da sabbia. Essa dovrà avere le specifiche:

Equivalente in sabbia	$\geq 60\%$ (SE <sub>60</sub> )
Contenuto di fini	$\leq 10\%$ (f <sub>10</sub> )

Il filler consiste nella polvere di rocce avente prevalentemente dimensioni inferiori a 0.1 mm. Esso proviene anche dal materiale raccolto dai filtri a maniche dai fumi del processo di essiccazione degli inerti. Dovrà rispettare le seguenti proprietà, dettati dalla norma UNI EN 13043:

Passante setaccio UNI 2 mm	100 %
Passante setaccio UNI 0,125 mm	85÷100 %
Passante setaccio UNI 0,063 mm	70÷100 %
Indice Plasticità	N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power)	( $\Delta_{R\&B}$ 8/25)
Rapporto filler/bitume	1,5

Il legante utilizzato è bitume, il quale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità alla norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali", ovvero possedere le seguenti caratteristiche

	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	50-70 mm	70-100 mm
Punto di rammollimento	46 - 54 °C	43-51 °C
Punto di rottura (Fraass)	$\leq - 8$ °C	$\leq - 10$ °C
Viscosità dinamica a 160°C	0,03-0,10 Pa*s	0,02-0,10 Pa*s
Valori dopo RTFOT		
Penetrazione residua dopo RTFOT	50 %	46 %
Incremento del punto di Rammollimento dopo RTFOT	$\leq 11$ °C	$\leq 11$ °C
Variazione della massa dopo RTFOT	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,8\%$

L'aggiunta di additivi provenienti da materie plastiche nei conglomerati bituminosi, non deve ridurre le prestazioni finali del manto stradale, e pertanto non deve alterare le caratteristiche riportate per i leganti. Il materiale proveniente da riciclo, inoltre, per poter essere utilizzato correttamente, deve essere classificato tramite la norma UNI 10667 come materia prima secondaria. Nel corso del progetto, tuttavia si sono utilizzati anche materiali provenienti dal fondo vasca, opportunamente trattate per rimuovere i materiali incompatibili, ottenendo delle buone prestazioni del prodotto finale.

## 02.01 Situazione dei materiali che conformano l'asfalto con additivi da riciclo

Indice

0 Introduzione

1 Aggregati

2 Legante

3 Caratteristiche conglomerato bituminoso

4 Struttura manto stradale

5 Additivi per conglomerati bituminosi modificati

### 0 Introduzione

Per la produzione di conglomerati bituminosi modificati, occorre miscelare insieme gli aggregati, suddivisi in ghiaia, sabbia e filler, il bitume e delle materie plastiche che conferiscono al composto una maggiore capacità drenante e delle proprietà meccaniche e di durabilità migliori. L'aggiunta di polimeri nella miscela diminuisce inoltre la rumorosità al passaggio dei veicoli sul manto stradale.

### 1 Aggregati

Il conglomerato bituminoso è composto principalmente da aggregati (fino all'80-85% in volume), uniti da un legante che fornisce coesione all'impasto.

Gli aggregati differiscono per granulometria e per origine. In base alle dimensioni delle particelle, si possono distinguere ghiaia (oltre 4 mm di dimensione), sabbia (da 4 mm a 0.1 mm) e filler (meno di 0.1 mm). Il rapporto tra le diverse dimensioni risulta fondamentale, in quanto gli aggregati più piccoli riempiono lo spazio tra gli aggregati più grandi, permettendo di avere le adeguate proprietà meccaniche e drenanti desiderate. Gli aggregati principalmente utilizzati provengono da tre diverse fonti principali, naturali, artificiali o provenienti da fonti riciclate. Gli aggregati di origine naturale consistono nelle rocce frantumate, e sono il materiale avente migliori caratteristiche, per cui sono gli aggregati utilizzati negli strati superficiali del manto stradale, a diretto contatto con gli pneumatici ed esposti agli agenti atmosferici. Le fonti artificiali di aggregati, invece riguardano i materiali provenienti da loppa d'altoforno, ceneri volanti o argilla espansa, sono sottoprodotti di altre lavorazioni e vengono riutilizzati nei fondi stradali. Le qualità di questi materiali non sono pari a quelle delle fonti naturali, quindi vengono utilizzati negli strati inferiori del manto stradale. Le fonti da riciclo, infine riguardano l'impiego di materiali provenienti dal settore edile, come laterizi o gesso, oppure l'asfalto rimosso in caso di risanamenti di pavimentazioni stradali. Essi vengono principalmente utilizzati negli strati inferiori del manto stradale.

### 2 Legante

Il secondo componente del conglomerato bituminoso è il legante, il quale solitamente è il bitume, naturale o artificiale, ma in alternativa possono essere usati anche asfalto o catrame. Lo scopo del legante è quello di fornire coesione e consistenza al manto stradale. Il materiale può essere prelevato da fonti naturali, quali bitumi naturali o asfalti, oppure ottenuto artificialmente nella separazione del petrolio come frazione pesante. Il bitume è un sistema multifase, composto da una componente liquida oleosa, formata principalmente da composti saturi e aromatici, all'interno della quale sono in sospensione delle sostanze complesse dette asfalteni ricoperti di resine. Ciascun componente fornisce al bitume una particolare proprietà: la componente oleosa fornisce al bitume la fluidità che gli permette di riempire i vuoti tra gli aggregati, gli asfalteni sono la causa delle proprietà meccaniche ed il comportamento al variare della temperatura, mentre le resine rendono adesiva la miscela e aumentano la fluidità degli asfalteni.

### 3 Caratteristiche conglomerato bituminoso

Le proprietà più importanti di un conglomerato bituminoso sono la resistenza meccanica e la resistenza ad usura. Infatti tale materiale deve sopportare i carichi dovuti al traffico pesante e alle condizioni atmosferiche per lunghi periodi di tempo.

In particolare, le principali proprietà del materiale sono:

- Elevata stabilità, per sopportare carichi pesanti senza dislocarsi o ammalorarsi;
- Bassa deformabilità: durante il periodo estivo il materiale può raggiungere temperature anche di 40-60°C, e non devono formarsi deformazioni durante il passaggio di traffico pesante. Questo viene evitato utilizzando la giusta quantità e tipologia di bitume;
- Permeabilità adeguata all'acqua: per le tipologie standard di asfalto viene richiesta una bassa permeabilità all'acqua, mentre per manti drenanti occorre creare dei solchi artificialmente per permettere un maggior flusso di acqua;
- Aderenza elevata: la superficie deve garantire un'ottima aderenza dei pneumatici, e questo può essere misurata dalle asperità presenti per unità di superficie.

#### **4 Struttura del manto stradale**

Il manto stradale ha una struttura costituita generalmente da tre strati di materiale sovrapposto, che ricoprono scopi differenti l'uno dall'altra ed insieme garantiscono le prestazioni richieste. Lo strato superficiale è detto strato di usura e poggia su di uno strato intermedio, detto binder che a sua volta poggia su di uno strato di base.

Lo strato superficiale è esposto al traffico ed agli eventi atmosferici, quindi deve garantire una elevata aderenza, resistenza all'usura, impermeabilità e deve trasmettere i carichi agli strati sottostanti in modo quanto più uniforme possibile. Per esso viene impiegato conglomerati ottenuti da fonti naturali, in quanto garantisce una maggiore durabilità alle sollecitazioni a cui è sottoposto. Inoltre esso può essere drenante, se realizzato con un maggior grado di vuoti, permettendo un migliore deflusso delle acque meteoriche aumentando il grado di sicurezza della strada.

Lo strato intermedio, o binder, ha la funzione di collegamento tra lo strato di usura e lo strato base, esso ha una struttura simile a quest'ultimo e deve garantire principalmente la planarità e la corretta pendenza dello strato d'usura, nonché la trasmissione dei carichi allo strato base.

Lo strato di base ha lo scopo di dissipare i carichi statici provenienti dagli strati superiori verso il sottofondo. Viene realizzato con bitumi artificiali o asfalto di riciclo, e deve essere in grado di assorbire i carichi e trasmetterli al suolo.

#### **5 Additivi per conglomerati bituminosi modificati**

I principali additivi utilizzati nei conglomerati bituminosi modificati sono materie plastiche. Questi composti sono utilizzati per sostituire in parte il bitume utilizzato come legante. Questo perché le materie plastiche, principalmente costituite da poliolefine, hanno una struttura chimica simile al bitume, per cui riescono ad integrarsi senza bisogno di compatibilizzanti aggiunti.

L'aggiunta di additivi plastici, in particolar modo provenienti da fonti di riciclo, costituisce un importante modo di migliorare le prestazioni del conglomerato bituminoso senza per questo dover impiegare composti speciali, anzi permettendo il riciclo di materiale proveniente da rifiuti.

Gli additivi a base di materie plastiche permettono di ottenere una maggiore elasticità e durabilità del conglomerato bituminoso, ottenendo un prodotto migliore del bitume tradizionale. Inoltre l'aggiunta di materie plastiche di riciclo permette di fornire al conglomerato bituminoso migliori proprietà drenanti e di ridurre la rumorosità degli pneumatici sul manto stradale.

## 02.02 Rilevamento del metodo di fabbricazione e controlli di produzione

Indice

0 Introduzione

1 Processo di produzione

2 Elementi costituenti

3 Prodotto finito

4 Processo produttivo

### 0 Introduzione

Il processo di produzione del conglomerato bituminoso è ben sviluppato a livello industriale e consiste nella miscelazione di aggregati e leganti ad alta temperatura, per mantenere il tutto in uno stato semifluido. Si sono poi identificati i principali controlli da porre in essere al fine di monitorare il corretto svolgimento del processo produttivo e garantire quindi la qualità del prodotto finito.

### 1 Processo di produzione

Per prima cosa nel processo di produzione del conglomerato bituminoso, è necessario preparare gli aggregati per la miscelazione con il bitume. Questo si deve alle proprietà idrofobiche del legante, per cui risulta necessario essiccare gli aggregati per non avere problemi di adesione.

Gli aggregati posseggono circa tra il 5 ed il 7% di umidità, da rimuovere tramite un processo di essiccazione. La sabbia e la ghiaia vengono uniti in proporzioni adeguate mediante l'utilizzo di dosatori, e posizionati su nastri trasportatori che li introducono nel forno rotante. L'alimentazione del forno può essere a combustibile o elettrica, ma ultimamente sta venendo preferita questa seconda scelta per questioni economiche e di emissione fumi.

Nel forno il materiale perde l'umidità trattenuta, tramite un riscaldamento a 170 °C ed i fumi vengono raccolti ed opportunamente trattati.

Il bitume, invece, è conservato fluido ad una temperatura di circa 140 – 160 °C e per mantenere il bitume allo stato fluido, le cisterne sono coibentate e dotate di dispositivi di riscaldamento (serpentine in cui scorre olio diatermico oppure resistenze alimentate elettricamente), in quanto a temperatura ambiente il bitume risulta troppo viscoso per essere lavorato.

Il materiale rilasciato dai filtri dei fumi, costituito da particelle finissime trasportate dall'aria calda durante la fase di essiccazione, viene riutilizzato come filler nella produzione del conglomerato.

Il materiale essiccato viene movimentato ad una torre di miscelazione, nella quale aggregati, filler e bitume vengono miscelati ad una temperatura di circa 150-160 °C, per ottenere il conglomerato bituminoso. Il processo di miscelazione è molto rapido ed avviene in circa 30 secondi. È possibile in questa fase aggiungere dei polimeri riciclati per sostituire in parte il bitume, fornendo inoltre caratteristiche aggiuntive al conglomerato in termini di elasticità, silenziosità, durabilità e capacità drenante.

Il conglomerato è pronto per la consegna e viene stoccato in un silo oppure direttamente caricato per il trasporto verso il cantiere di stesa.

### 2 Elementi costituenti

Per gli aggregati è necessario effettuare alcuni controlli minimi previsti dalla norma:

- Correttezza della bolla di consegna
- Controllo organolettico del materiale presente, un controllo visivo con cadenza giornaliera;
- L'analisi del setaccio e delle particelle, in caso di nuovi fornitori o come previsto dal piano di qualità (almeno 1 controllo ogni 2000 tonnellate);
- Contenuto di idratazione, con cadenza stabilita dal piano di qualità;
- Prove delle proprietà intrinseche degli aggregati in accordo con la norma vigente.

Per il bitume occorre controllare almeno quotidianamente la temperatura e l'indurimento del legante, per controllare l'utilizzo. Le analisi obbligatorie da effettuare per i leganti, oltre a quelle già citate,



**FORESTAORO VENETO**



sono:

- Controlli organolettici, a campione, almeno giornalmente;
- Controllo della bolla di consegna;
- Controllo delle proprietà intrinseche del legante, con cadenza stabilita dalla normativa vigente.

### **3 Prodotto finito**

Per il conglomerato bituminoso sono richiesti controlli di:

- Proprietà organolettiche per ciascun carico;
- Temperatura, almeno quotidianamente;
- Granulometria e contenuto di legante e eventuali altre caratteristiche tecniche, con cadenza prevista dalla normativa vigente;
- Idoneità e pulizia dei mezzi di trasporto attraverso ispezione visiva per ciascun primo utilizzo.

### **4 Processo produttivo**

Per il processo produttivo deve essere redatto un piano di qualità che comprenda il flusso dei materiali ed i processi condotti, le procedure relative ai controlli per la conformità alle specifiche ed un piano di monitoraggio che rispetti le scadenze minime previste dalla vigente norma tecnica.

Devono inoltre essere monitorate le condizioni di lavorazione e stoccaggio e i prodotti finiti devono essere identificabili e tracciabili, garantendo una conservazione dei dati pari ad almeno 5 anni.

Devono inoltre essere mantenuti in efficienza e con la precisione richiesta gli strumenti di misura presenti nell'impianto.

Devono inoltre essere contenuti nel piano di qualità procedure per la formazione, la gestione delle non conformità, e le registrazioni dei documenti dell'FPC. L'FPC inoltre deve essere soggetto a ispezione periodica per valutarne la correttezza e l'efficacia.



FORESTAORO VENETO



## 02.03 Circuito di fornitura delle risorse

Indice

0 Introduzione

1 Risorse materiali

2 Risorse umane

### 0 Introduzione

Per analizzare correttamente il processo produttivo, occorre analizzare le risorse coinvolte nei processi, sia materiali che umane. Per quanto riguarda le risorse materiali, si può includere le materie prime, i prodotti finiti, le attrezzature e gli strumenti di misura. Le risorse umane, invece, comprendono sia gli operatori di impianto per la produzione di asfalto, sia il personale dedicato alla stesura del manto stradale.

### 1 Risorse materiali

Per prima cosa occorre considerare la gestione delle materie prime. Per gli aggregati, i leganti e le materie plastiche di riciclo, occorre porre attenzione a quanto detto nelle sezioni precedenti, considerando le specifiche del materiale in ingresso. Il materiale concorde alle specifiche deve essere conservato correttamente: per quanto riguarda gli aggregati e le materie plastiche di riciclo, essi possono essere conservati all'aperto o dentro appositi contenitori, possibilmente coperti al fine di non assorbire eccessiva umidità dall'ambiente. Per i leganti, invece, essi devono essere mantenuti riscaldati al fine di avere un materiale più fluido e quindi facilmente lavorabile.

Le attrezzature di lavoro devono essere sottoposte a regolare manutenzione, al fine di prevenire eventuali danni da usura e mantenere l'impianto in piena efficienza. Infatti è necessario controllare, secondo quanto stabilito dal piano di qualità o comunque almeno una volta l'anno, le apparecchiature di pesatura, gli erogatori delle miscele, i misuratori di flusso, il sistema di dosaggio e le sonde di monitoraggio.

Particolare attenzione deve essere inoltre dedicata alla strumentazione di misura, con controllo giornaliero del corretto funzionamento di sonde di pesatura e di temperatura.

### 2 Risorse umane

Le risorse umane destinate alla produzione del conglomerato bituminoso devono essere formati per quanto riguarda il funzionamento della macchina, al fine di permettere un corretto dosaggio dei componenti e una gestione adeguata della temperatura durante la miscelazione. Gli operatori devono inoltre essere in grado di riconoscere macroscopicamente la qualità degli aggregati e dei bitumi da utilizzare in produzione, sapendo valutare eventuali materiali difettosi ed evitando di introdurli nel ciclo produttivo.

Per quanto riguarda il personale dedicato alla posa del conglomerato bituminoso, esso deve essere istruito sulla corretta posa del manto stradale, con e senza additivi derivanti da materie plastiche. In ogni caso in una sezione successiva della presente relazione vengono riportate le corrette metodiche di posa del manto stradale.

Una volta conclusa la posa del materiale il personale deve essere in grado di eseguire i controlli necessari a verificare la corretta posa del materiale, ed eventualmente effettuare le azioni necessarie a rimediare a possibili non conformità del prodotto finito.



## 02.03 Gestione logistica

Indice

0 Introduzione

1 Logistica

### 0 Introduzione

La gestione della logistica di distribuzione risulta fondamentale per un corretto processo di integrazione di materiali riciclati all'interno dei conglomerati bituminosi, permettendo anche di ottenere un riciclo più efficace delle materie plastiche.

La gestione della logistica deve coinvolgere anche la parte documentale, al fine di garantire una tracciabilità del materiale permettendo di verificare la natura e la provenienza, con l'identificazione dei processi di trattamento a cui è stato sottoposto.

### 1 Logistica

La gestione della logistica coinvolge sia i fornitori che i consumatori finali per i conglomerati bituminosi. In particolar modo, molta attenzione deve essere riposta nella creazione di una rete di rapporti tra i produttori di bitumi ed i centri di raccolta al fine di permettere un riutilizzo della maggior parte della plastica da riciclo altrimenti destinata alla discarica o alla termovalorizzazione. È importante inoltre permettere una certa tracciabilità, data principalmente dai documenti di trasporti e di accompagnamento, che permetta di verificare la provenienza del materiale, al fine di poter conoscere la composizione del materiale ed i trattamenti a cui è stato sottoposto, per garantire una quanto più precisa identificazione dell'adeguatezza o no per l'additivazione di conglomerati bituminosi.

Da parte dei centri di riciclo è necessario stabilire degli standard per quanto riguarda i processi di selezione e trattamento dei rifiuti, al fine di permettere un'elevata separazione dei componenti estranei all'interno delle materie plastiche ed avere un materiale quanto più omogeneo possibile.

Da parte dei produttori di conglomerati bituminosi, invece, si rivela importante lo stabilire degli standard di materiale da utilizzare, al fine di permettere la creazione di specifiche da poterrispettare per garantire la qualità del prodotto finito.

Tuttavia queste specifiche devono essere stabilite con intervalli sufficientemente ampi, in quanto il materiale plastico di riciclo, per essa stessa natura risulta molto vario, in quanto ricavato da numerose fonti e numerosi materiali. Tale varietà comporta necessariamente una grande variazione di proprietà finali sul prodotto, la quale tuttavia non deve incidere sulla lavorabilità e sulla qualità del conglomerato bituminoso ottenuto.

Le caratteristiche principali del materiale da riciclo per il processo produttivo di conglomerati bituminosi devono esser facilmente identificabili e valutabili, al fine di permettere una semplice valutazione da parte dei centri di riciclo, senza quindi incidere in modo pesante all'interno dell'economia del materiale, rendendolo competitivo dal punto di vista economico.

È importante quindi la realizzazione di un dialogo tra i principali centri di riciclo e i maggiori produttori di bitumi, al fine di instaurare una collaborazione in ottica di economia circolare e quindi riuscire a riciclare dei componenti in plastica all'interno di conglomerati bituminosi, e contemporaneamente migliorare le prestazioni del manto stradale.



FORESTARO VENETO



### 03.01 Situazione legislativa e normativa

Indice

0 Introduzione

1 Normativa di riferimento

#### 0 Introduzione

La certificazione CE di prodotto valuta l'adeguatezza di un prodotto alle principali norme nazionali ed internazionali. Nel caso specifico, sono state prese in considerazione le principali norme riferite alle specifiche di conglomerati bituminosi, con i principali requisiti tecnici che devono essere soddisfatti per poter essere certificati. La certificazione risulta fondamentale, al fine di permettere la commercializzazione del prodotto finale. Tale certificazione prevede di mantenere un livello di standard di qualità stabile nel tempo, al fine di avere un prodotto delle proprietà desiderate. Per ottenere ciò è necessario instaurare un piano della qualità che preveda i controlli di fabbrica necessari per la conformità con le normative europee e nazionali.

#### 1 Normativa di riferimento

La principale normativa relativa alle marcature CE di conglomerati bituminosi è la norma UNI EN 13108 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale", che nelle sue parti analizza i diversi tipi di conglomerati bituminosi, identificando le specifiche dei materiali, nonché le prove di riferimento da applicare e i controlli di produzione in fabbrica. Nel dettaglio, si riportano le parti principali della norma:

-UNI EN 13108-1, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 1: Conglomerato bituminoso prodotto a caldo.*

-UNI EN 13108-2, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 2: Conglomerato bituminoso per strati molto sottili.*

-UNI EN 13108-3, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 3: Conglomerato con bitume molto tenero.*

-UNI EN 13108-4, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 4: Conglomerato bituminoso chiodato.*

-UNI EN 13108-5, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 5: Conglomerato bituminoso antisdrucchiolo chiuso.*

-UNI EN 13108-6, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 6: Asfalto colato.*

-UNI EN 13108-7, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 7: Conglomerato bituminoso ad elevato tenore di vuoti.*

-UNI EN 13108-8, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 8: Conglomerato bituminoso di recupero.*

-UNI EN 13108-20, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 20: Prove di tipo.*

-UNI EN 13108-21, *Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 21: Controllo di produzione in fabbrica*

La conformità a queste norme risulta indispensabile per la marcatura CE di un conglomerato bituminoso e quindi per la successiva applicazione sui manti stradali. Tale certificazione deve essere rilasciata da enti accreditati NANDO (New Approach Notified and Designated Organisations).

Nella dichiarazione di conformità devono essere inoltre riportate le proprietà del conglomerato, quali:

- temperatura della miscela alla produzione ed alla consegna;
- contenuto minimo di legante
- composizione granulometrica
- contenuto di vuoti.



FORESTARO VENETO



Per quanto riguarda i componenti del conglomerato bituminoso (aggregati, legante ed eventuali additivi) devono anch'essi essere certificati.

Per gli aggregati si fa riferimento alla norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali", per identificare i corretti requisiti per quanto riguarda le proprietà geometriche, chimiche e fisiche e deve essere implementato un adeguato Controllo di Produzione di Fabbrica, al fine di garantire il rispetto di tali specifiche.

I bitumi devono anch'essi essere certificati CE, e pertanto richiedono di essere conformi alla norma UNI EN 12697 "Miscele bituminose", che, nelle sue diverse parti, stabilisce i corretti criteri di valutazione e specifiche riguardanti i leganti a base di bitume per la produzione di conglomerati.

In particolare si possono riassumere nelle seguenti:

- UNI EN 12697-1, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 1: Contenuto di legante solubile*
- UNI EN 12697-2, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 2: Determinazione della granulometria*
- UNI EN 12697-5, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 5: Determinazione della massa volumica massima*
- UNI EN 12697-6, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 6: Determinazione della massa volumica in mucchio di provini bituminosi*
- UNI EN 12697-8, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 8: Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di provini bituminosi.*
- UNI EN 12697-10, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 10: Compattabilità*
- UNI EN 12697-14, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 14: Contenuto d'acqua.*
- UNI EN 12697-19, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 19: Permeabilità del provino*
- UNI EN 12697-34, *Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 34: Prova Marshall.*



**FORESTARO VENETO**

## **03.02 Documentazione di marcatura del prodotto da portare all'ente certificatore**

Indice

0 Introduzione

1 Percorso di marcatura

2 Prove di tipo

### **0 Introduzione**

La realizzazione della marcatura CE dei conglomerati bituminosi risulta necessaria per la commercializzazione del prodotto e richiede di essere conformi alle principali normative vigenti per quanto riguarda le miscele bituminose, in particolar modo secondo la UNI EN 13108. Tali norme prevedono che il prodotto risponda a determinati standard di riferimento e li mantenga nel corso del tempo applicando gli adeguati controlli del processo produttivo.

Vengono inoltre riportati i riferimenti per le prove di tipo richieste dalla normativa UNI EN 13108-20, mentre per i controlli di fabbrica, sono riportati in una sezione precedente della presente relazione.

### **1 Percorso di marcatura**

La marcatura CE dei conglomerati bituminosi richiede che siano effettuate delle prove iniziali che attestino le proprietà del prodotto, per poi avviare un processo di certificazione tramite un organismo notificato NANDO, che attesti la conformità alle norme vigenti a seguito di un'ispezione iniziale ed a controlli annuali.

Per prima cosa nel percorso di certificazione, occorre individuare i prodotti che si intende verificare e le relative norme di cui si vuole ottenere la conformità. Esse dipendono principalmente dalle caratteristiche del conglomerato bituminoso ed agli utilizzi finali a cui essi sono destinati (materiale tradizionale, drenante, per aeroporti,...).

Una volta identificati prodotti e norme di riferimento, occorre effettuare le prove di tipo stabilite da tali norme, per valutare se tali prodotti soddisfano i requisiti obbligatori per la marcatura CE. In questa fase è possibile effettuare ulteriori prove, al fine di esaminare eventuali altre caratteristiche che il produttore è interessato a verificare.

Se le prove di tipo hanno esito positivo, il produttore di conglomerati deve stabilire un piano della qualità che preveda il Controllo della Produzione di Fabbrica, che rispetti quanto definito nella norma 13108-21 "Miscele bituminose – Specifiche del materiale – Parte 21:Controllo di produzione di fabbrica"

Una volta stabiliti il Controllo della Produzione di Fabbrica, risulta necessario contattare un organismo notificato NANDO (New Approach Notified and Designated Organisations) che verifichi e certifichi il Controllo.

Una volta ottenuto il certificato da parte dell'ente notificato, il produttore è autorizzato ad applicare la marcatura CE ad i propri prodotti sottoposti al Controllo di Fabbrica.

Al fine di mantenere valida la certificazione, il produttore deve monitorare con cadenza almeno settimanale i prodotti e verificandone le specifiche, confrontandole inoltre con i 32 risultati precedenti, come richiesto dalla norma UNI EN 13108-21.

### **2 Prove di tipo**

Per ogni formulazione di miscela, sarà effettuata la procedura di Type Testing (Prova di Tipo), per fornire prove che la formulazione va incontro a requisiti più rilevanti dello standard di prodotto (marcatura CE).

La validità della prova è pari a 5 anni, a meno che non si verifichino delle variazioni nei materiali, quali caratteristiche differenti nell'aggregato grosso, variazione di granulometria dell'aggregato fine, tipo mineralogico nel filler o gradazione del bitume.

La valutazione della prova di tipo viene registrata in un apposito documento e diventa parte integrante del Controllo di Produzione in Fabbrica. Tale documento deve contenere nome e indirizzo del fabbricante, data di emissione, identificazione dell'impianto di miscelazione, tipo di miscela,

categorie di cui è dichiarata la conformità e metodo usato per la validazione.

I requisiti per i materiali costituenti e le relative prove sono riportate nella tabella a seguire:

Costituente	Proprietà	Metodo di prova	Numero di risultati
Aggregato (EN 13043)	Granulometria	EN 933-1	1 per misura
	Densità	EN 1097-6	1 per misura
Legante, bitume a gradazione dura e legante modificato (EN 12591, prEN 13924 and EN 14023)	Penetrazione o punto di rammollimento	EN 1426 o 1427	1
	Viscosità <sup>a</sup>	EN 12595 o 12596	1
Filler (EN 13043)	Granulometria	EN 933-10	1
	Densità	EN 1097-7	1
Additivi	Tipo		
Conglomerato riciclato granulato <sup>b</sup> (Fresato bituminoso) EN 13108-8)	Granulometria	EN 12697-2	1
	Contenuto di legante	EN 12697-1	1
	Penetrazione <u>acquisita</u>	EN 12697-3 o EN 12697-4; più EN 1426	1
	Punto di rammollimento <u>acquisito</u>	EN 12697-3 o prEN 12697-4; più EN 1427	1
	Densità	EN 12697-5	1

Vengono di seguito riportate le informazioni necessarie e le prove da effettuare per una prova di tipo di conglomerati bituminosi, con le relative norme di riferimento. Tale tabella si riferisce alle caratteristiche necessarie per un conglomerato bituminoso standard secondo la norma EN 13108-1, mentre per applicazioni specifiche occorre riferirsi alle altre tabelle presenti nell'allegato B della norma EN 13108-20.

Proprietà	Metodo di prova	Numero di prove
Contenuto di legante (prescrittiva)	EN 12697-1 e -39	1 per la validazione in produzione 0 per la validazione in laboratorio
Granulometria (prescrittiva)	EN 12697-2	1 per la validazione in produzione 0 per la validazione in laboratorio
Contenuto di vuoti, inclusi VFB e VMA per il contenuto di vuoti richiesto $V_{max} \leq 7\%$ (prescrittiva)	EN 12697-8 Usare la densità di volume della EN 12697-6, procedura B, in condizione di superficie saturata asciutta. Usare la densità massima di cui EN 12697-5, procedura A in acqua	1
Contenuto di vuoti, inclusi VFB e VMA per il contenuto di vuoti richiesto $7 < V_{max} < 10\%$ (prescrittiva)	EN 12697-8 Usare la densità di volume della EN 12697-6, procedura C, sigillata con cera. Usare la densità massima	1

	di cui EN 12697-5, procedura A in acqua	
Contenuto di vuoti, inclusi VFB and VMA per il contenuto di vuoti richiesto $V_{max} \geq 10\%$ (prescrittiva)	EN 12697-8 Usare la densità di volume della EN 12697-6, procedura D, per dimensioni. Usare la densità massima di cui EN 12697-5, procedura A in acqua	1
Contenuto di vuoti per provini compattati con pressa giratoria (prescrittiva)	EN 12697-31	1
Sensibilità all'acqua (correlata alla prestazione)	EN 12697-12, effettuata a 15 °C	1
Resistenza all'abrasione da pneumatici chiodati	EN 12697-16, metodo A	1
Resistenza alla deformazione permanente (correlata alla prestazione – strade) Per Conglomerato bituminoso progettato per asse di carico massimo minore di 13 t.	EN 12697-22, piccolo dispositivo, metodo B in aria a temperature prescritte.	1
Resistenza alla deformazione permanente (correlata alla prestazione — strade) Per Conglomerato bituminoso progettato per asse di carico massimo di 13 t o più.	EN 12697-22, dispositivo largo, in aria a temperature prescritte	1
Resistenza alla deformazione permanente (correlata alla prestazione— piste aeroportuali)	EN 12697-34	1
Resistenza alla deformazione permanente (basata sulla prestazione)	EN 12697-25 Prova di compressione triassiale ciclica	1
Rigidezza (basata sulla prestazione)	EN 12697-26	1
Fatica (basata sulla prestazione) per progetto di pavimentazione basata su criteri a 2 punti di fatica	EN 12697-24, Allegato A	1
Fatica (basata sulla prestazione) per progetto di pavimentazione basata su criteri a 4 punti di fatica	EN 12697-24, Allegato D	1
Resistenza al carburante (prestazione correlata alle piste aeroportuali)	EN 12697-43	1
Resistenza al fluido decongelante (prestazione correlata alle piste aeroportuali)	EN 12697-41	1



FORESTAUROVENETO



#### 04.01 Scheda prodotto e di sicurezza

### BITUME MODIFICATO CON PLASTICA RICICLATA

#### DESCRIZIONE E DESTINAZIONE D'USO

Il conglomerato bituminoso modificato presenta delle caratteristiche differenti rispetto al materiale tradizionale, in quanto l'aggiunta di additivi plastici provenienti da fonti di riciclo, permette di ottenere migliori caratteristiche meccaniche, ridurre la rumorosità degli pneumatici e avere migliori proprietà drenanti. Come additivi vengono utilizzate materie plastiche di riciclo, che non presentano caratteristiche idonee per il reimpiego nella produzione di nuove materie plastiche.

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

UNI EN 13043 'Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico'

UNI EN 14023 'Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti bitumi modificati con polimeri e dovranno essere modificati'

UNI EN 13108 'Miscele bituminose – Specifiche del materiale'

#### CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Le caratteristiche prestazionali ipotizzate sono riportate nella tabella sottostante. La durabilità del prodotto dipende, oltre che dalle sue caratteristiche intrinseche, anche dalla corretta stesura e dalla tipologia di traffico e di condizioni atmosferiche a cui è esposto. Il materiale garantisce comunque buone prestazioni meccaniche e migliore capacità drenante rispetto al conglomerato bituminoso tradizionale. Migliora inoltre la sicurezza, riducendo la formazione di pozze d'acqua.

#### SPECIFICHE TECNICHE

##### Caratteristiche tecniche

DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	VALORE	NORMA
Penetrazione a 25 °C	mm	4,5-8,0	UNI EN 1426
Punto di rammollimento	°C	≥ 70	UNI EN 1427
Punto di rottura (Fraass)	°C	≤ -12	UNI EN 12593
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa*s	0,20-0,60	UNI EN 13302
Ritorno elastico a 25 °C, 50 mm/min	%	≥ 80	UNI EN 13398
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg a 180 °C – Variazione del punto di rammollimento	°C	≤ 3	UNI EN 13399

##### Ambiente

Il prodotto viene fabbricato utilizzando materie plastiche riciclate, prevenendone quindi lo smaltimento in discarica. L'utilizzo di additivi plastici riduce inoltre la richiesta di bitume per la pavimentazione stradale, il quale viene ricavato dal frazionamento del petrolio, riducendo ulteriormente l'impatto ambientale.



### **Sicurezza e accessibilità nell'uso**

È un prodotto che deve essere maneggiato con cura. Al fine di evitare l'inalazione di vapori, irritazione della pelle e degli occhi è necessario utilizzare i dispositivi di protezione individuali previsti dalla normativa. Fare riferimento alle schede di sicurezza.

Nella scheda di sicurezza devono essere indicati tutti i rischi, le norme di comportamento, le misure di prevenzione e protezione, al fine di informare l'utilizzatore finale in merito al materiale manipolato, con informazioni ricavate anche da eventuali prove di laboratorio.

Una volta steso il materiale migliora le prestazioni in termini di sicurezza del manto stradale, in quanto permette un maggior deflusso delle acque meteoriche, riducendo i fenomeni di aquaplaning.

### **OMOLOGAZIONE E CERTIFICAZIONI RICHIESTE**

È richiesta la marcatura CE del prodotto e la chiara esposizione delle caratteristiche tecniche sensibili, oltre naturalmente alla provenienza del prodotto.

### **LCA PRODOTTO / CONNOTATI GREEN**

**Prodotto:** bitume modificato con materie plastiche

**Materia prima utilizzata:** aggregati inerti, bitume e plastica riciclata

**Scarti di lavorazione:** non sono presenti in genere scarti di lavorazione, anzi per la produzione talvolta vengono riutilizzati gli scarti di lavorazione di altri processi industriali.

**Trasporto:** su strada.

**Immagazzinamento:** per garantire una corretta conservazione del materiale, è opportuno conservarlo ad una temperatura compresa tra i 140 ed i 170°C, per un tempo non superiore ai 15 giorni.

**Messa in opera:** durante la messa in opera è opportuno dotarsi dei dispositivi di protezione individuali necessari secondo la normativa.

**Dismissione fine vita utile:** In occasione del rifacimento del manto stradale, il materiale a fine vita viene frantumato ed inglobato nel nuovo manto stradale, venendo rilavorato nella produzione di nuovo conglomerato bituminoso. Tale processo può essere fatto a caldo o a freddo, e permette di evitare lo smaltimento del prodotto rimosso tramite fresatura.



## 04.02 Specifiche di messa in opera e controllo

Indice

0 Introduzione

1 Messa in opera

1.1 Fresatura

1.2 Mano d'attacco

1.3 Stesura manto

1.4 Compattazione

2 Controlli

### 0 Introduzione

La stesura di conglomerati bituminosi è l'operazione più importante per quanto riguarda l'incidenza nella qualità del prodotto finito. Risulta quindi fondamentale indicare quali siano le corrette metodologie e i controlli da effettuare per ottenere una stesura del manto stradale corretta che permetta il giusto deflusso delle precipitazioni e non presenti deformità. Una corretta posa permette inoltre di avere un prodotto a regola d'arte, riducendo quindi i punti critici e quindi ottenendo un prodotto maggiormente resistente alle deformazioni ed all'usura.

### 1 Messa in opera

#### 1.1 Fresatura

La prima operazione da effettuare nella realizzazione di manti stradali è la preparazione del sottofondo. Per fare ciò occorre, per prima cosa, distinguere le operazioni per quanto riguarda la stesura di un manto stradale nuovo o la sostituzione di uno preesistente.

Nel caso di un manto stradale nuovo, il problema risulta minore, in quanto si può adattare il terreno al fine di renderlo planare e stabile a piacimento.

Nel caso, invece, in cui si debba sostituire un manto stradale, è necessario effettuare le operazioni di fresatura nel modo corretto, evitando di creare solchi troppo profondi, che riducono la capacità di smaltire l'acqua. In caso s'intenda sostituire il manto d'usura con conglomerati bituminosi aventi elevate proprietà drenanti, infatti, l'operazione di fresatura deve essere eseguita in modo adeguato, per ottenere un prodotto a regola d'arte. La difficoltà nasce dal fatto che i conglomerati bituminosi drenanti richiedono una superficie d'appoggio planare e perfettamente regolare, in quanto i conglomerati sono composti da granuli che hanno un diametro più elevato e non riescono a chiudere le cavità generate dall'azione della fresa.

In questo modo rimangono dei solchi in direzione longitudinale rispetto al manto stradale, che impediscono il corretto deflusso dell'acqua piovana trasversalmente ai lati della strada, dovuti all'altezza dei solchi. Questo causa un ristagno d'acqua all'interfaccia tra lo stato di binder e lo strato di usura, che genera fenomeni di sgranamento e spogliamento.

In caso di stesura di manti drenanti, quindi, occorre porre particolare attenzione alle operazioni di fresatura, e un'indicazione per tale operazione è indicata all'interno dei Capitolati Anas, che prescrivono una profondità degli intagli lasciati dalla fresa (tra cresta e gola) di massimo 5 mm.

#### 1.2 Mano d'attacco

La mano d'attacco è la prima applicazione di legante bituminoso posto come intermezzo tra due strati, prima della stesura dello strato soprastante. La funzione di tale mano d'attacco è di garantire la continuità tra gli strati della pavimentazione, impermeabilizzare lo strato sottostante e permettere l'adesione tra i due strati.

Esistono due modi principali per la stesura della mano d'attacco, ovvero tramite spruzzatura a caldo o



tramite emulsione bituminosa. In generale viene comunque utilizzato un bitume della stessa tipologia di quello dello strato soprastante, in modo da permettere una migliore adesione. Nel caso in cui si decida di applicare uno strato di conglomerato bituminoso con bitume modificato, occorre realizzare la mano d'attacco con bitume modificato, al fine di evitare lo scorrimento tra gli strati.

Prima dell'applicazione della mano d'attacco, occorre assicurarsi che la superficie dove essa verrà applicata sia pulita e senza corpi estranei, quali fango o terra. Si deve pertanto, nel caso risulti necessario, effettuare una pulizia dello strato sottostante prima dell'applicazione, tramite spazzole rotanti o idropulitrice.

Una volta pulita la superficie, si può iniziare a posare la mano d'attacco, con dosaggi di bitume di circa 0,8-1,2 kg/mq, per garantire un'adeguata interfaccia tra gli strati.

Per evitare che i mezzi di cantiere asportino o danneggino la mano d'attacco, occorre spargere una piccola quantità di graniglia, sabbia o filler sulla superficie, ma in quantità tale da non coprire interamente la superficie stesa, ma solo da garantire la protezione necessaria.

### 1.3 Stesura manto

La stesura vera e propria del manto avviene principalmente tramite l'utilizzo di attrezzature meccanizzate, mentre piccole operazioni manuali possono essere necessarie per i particolari o punti difficili da raggiungere per le macchine, quali incroci e tombini.

La principale macchina utilizzata è la vibrofinitrice, la quale è fornita da una tramoggia anteriore, nella quale vengono calati i conglomerati bituminosi da parte di autocarri, che procedono a marcia indietro.

Il materiale caricato nella tramoggia è poi distribuito in modo uniforme il prodotto tramite l'ausilio di un distributore e delle coclee che permettono di raggiungere l'intera larghezza prefissata. Il conglomerato così steso è poi addensato da opportuni organi di livellamento.

Le operazioni di stesura coinvolgono solitamente tre diversi operatori, di cui uno alla guida della vibrofinitrice, mentre altri due a terra, che si occupano delle operazioni di rifinitura, stendendo il conglomerato nei punti che la macchina non riesce a raggiungere, quali margini della strada o punti particolari, tramite conglomerato prelevato dalle coclee e sparso dove necessario tramite l'utilizzo di pale.

### 1.4 Compattazione

Una volta steso il conglomerato, occorre effettuare l'ultima operazione, ovvero la compattazione tramite l'impiego di rulli compattatori guidati da un operatore. È fondamentale effettuare tale operazione mentre il conglomerato steso è ancora caldo, in modo da non rischiare i causare deformazioni eccessive nel prodotto finale.

I rulli compattatori utilizzati sono solitamente composti da almeno un corpo cilindrico, ed hanno un peso medio che oscilla tra le 8 e le 14 tonnellate.

L'operazione va effettuata partendo dai margini del manto stradale e procedendo verso il centro, con passate sempre parzialmente sovrapposte. Dopo aver eseguito l'operazione in senso longitudinale, occorre agire in diagonale, e se possibile anche in modo trasversale.

La compattazione serve ad addensare lo strato di conglomerato appena steso, ottenendo una superficie omogenea priva di irregolarità, e prevenendo in questo modo lo scorrimento di uno strato del manto stradale rispetto all'altro.

Per i punti difficili da raggiungere (margini della strada, incroci, ...) la compattazione è effettuata tramite l'impiego di piastre vibranti condotte manualmente.

## 2 Controlli

### 2.1 Controlli non distruttivi

Le prove non distruttive che possono essere eseguite su di un manto stradale di conglomerato bituminoso permettono di valutarne le proprietà senza intaccare il manto, e pertanto possono



scansionare velocemente grandi tratti stradali, senza comportare prove di laboratorio.

Tra i principali controlli non distruttivi troviamo l'utilizzo di apparecchiature ad alto rendimento, la misura della capacità drenante e la resistenza allo slittamento.

Le prove in sito tramite apparecchiature ad alto rendimento permettono il monitoraggio dei parametri CAT (coefficiente di aderenza trasversale), HS (altezza in sabbia) e IRI (International Roughness Index), rispettivamente correlabili all'aderenza, alla macrorugosità e alla regolarità della pavimentazione.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo compreso tra il 15° e il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti a elevata rugosità superficiale, per i quali le misure vanno effettuate tra il 60° ed il 270° giorno dall'apertura al traffico. Le misurazioni non possono avvenire subito dopo l'ultimazione della lavorazione per dare il tempo al conglomerato di perdere la patina di bitume che permane in superficie fintanto che non avviene il transito dei primi veicoli. L'interazione ruota-pavimentazione comporta, infatti, l'asportazione del film di bitume superficiale permettendo il mutuo contatto tra granulo e battistrada e assicurando conseguentemente maggiore aderenza per i veicoli. Il valore dell'IRI deve essere invece monitorato tra la stesa e il 180° giorno dall'apertura al traffico.

La capacità drenante viene misurata con permeabilmetro a colonna d'acqua. La prova si esegue misurando il tempo che l'acqua impiega nel permeabilmetro (posato sulla pavimentazione e sigillato alla stessa da silicone) per scendere da un livello a un altro dello strumento. La misura va espressa come media di due misurazioni distanti 50-60 cm, ed è espressa in l/min. Le prove sono da effettuarsi preferibilmente già durante la fase di lavorazione iniziale (ad almeno 4 ore dalla fine della posa in opera, non appena il conglomerato si è freddato) ai fini di valutare da subito la capacità drenante e correggere eventuali problematiche granulometriche per il proseguimento delle lavorazioni. Le misure vanno fatte a 50 cm dai bordi con frequenza di almeno 10 sezioni di prova per km per ciascuna corsia. La prova di resistenza allo slittamento/derapaggio di una superficie (Skid test - UNI EN 13036-04) determina le caratteristiche di attrito radente della pavimentazione in condizioni bagnate, mediante apparecchiatura "a pendolo" standardizzata. Il pendolo, alla cui estremità è posto un pattino di gomma, viene lasciato cadere (oscillare) sulla pavimentazione da un'altezza prefissata. La misurazione dell'altezza di "risalita", dopo che il pattino ha strisciato sulla pavimentazione, valutata con opportuna scala graduata, restituisce il parametro PTV (Pendulum Test Value) che rappresenta la resistenza allo slittamento della pavimentazione. Le misure (singole) vanno fatte a 50 cm dai bordi e dai giunti longitudinali con frequenza di almeno 10 misure per km per ciascuna corsia. Si sottolinea che la prova di Skid Test si esegue solo quando non è possibile utilizzare i mezzi ad alto rendimento che misurano il CAT in continuo (e.g. curve a raggio di curvatura ridotto e/o tratte brevi di lunghezza inferiore a 1 km).

## 2.2 Controlli da carotaggi

Un primo elemento di controllo, oggetto di valutazione ai fini della contabilizzazione dei lavori, è lo spessore dello strato o del pacchetto di strati. Può essere anche determinato tramite progressivi rilievi topografici, ma la pratica tradizionale consiste nel prelievo di campioni tramite carotaggio meccanico. È un'operazione distruttiva, che tuttavia ha il vantaggio di mettere a disposizione dei provini per eventuali ulteriori verifiche. Il foro viene successivamente intasato con altro conglomerato o con prodotti a base di cemento. Un metodo più sofisticato e non distruttivo è il rilievo con georadar (GPR) che offre la possibilità di una misurazione in continuo e non puntuale come il carotaggio. È una metodologia che comporta costi non indifferenti e inoltre, nel caso di pavimentazioni multistrato, non è solitamente possibile discriminare i singoli spessori. Se vengono prelevati campioni mediante carotaggio meccanico, la verifica successiva consiste nella determinazione delle caratteristiche fisiche dei campioni dei vari strati.

Il contenuto di bitume viene stabilito tramite le norme UNI EN 12697-39 e UNI EN 12697-1, e può essere riferito sia al peso degli inerti sia al peso del conglomerato. L'estrazione del legante da un conglomerato si esegue mediante calcinazione, cioè mediante il riscaldamento a elevate temperature (superiori a 500°C) in forni idonei, o per estrazione tramite solvente.



La determinazione della granulometria della miscela di inerti recuperata dalla prova di cui al punto precedente viene espressa con le percentuali dei passanti parziali ai singoli setacci riferiti al peso totale iniziale.

La valutazione delle caratteristiche volumetriche della miscela avviene attraverso il confezionamento in laboratorio di provini sottoposti a compressione e taglio giratorio. Sui provini così realizzati si eseguono l'analisi dei vuoti e la valutazione delle resistenze meccaniche mediante rottura a trazione indiretta.

Per la misurazione della percentuale di vuoti residui, si procede determinando il contenuto di legante, la sua massa volumica e la massa volumica apparente della miscela di inerti. Successivamente si calcola la massa teorica dell'unità di volume del conglomerato supposto senza vuoti intergranulari e la si rapporta alla sua massa volumica apparente.

La resistenza a trazione indiretta, viene eseguita a una temperatura di 25°C sui provini cilindrici realizzati con pressa giratoria sottoposti a carico crescente lungo il piano diametrale. L'azione di compressione determina lo sforzo di trazione sul piano diametrale fino alla rottura.

## 04.03 Gestione del prodotto finito posato

0 Introduzione  
1 Tipi di danno 2  
Manutenzione

### 0 Introduzione

I manti stradali hanno un'importanza cruciale nella sicurezza delle strade, per cui i controlli e le manutenzioni sulle strade devono essere tali da mantenere il sistema sempre in efficienza. Tuttavia esistono strade aventi quantità di traffico e velocità di percorrenza molto diverse, basti pensare alla differenza di traffico tra una strada locale ed un'autostrada, per cui possiedono requisiti di sicurezza diversi. Come conseguenza di questa differenza ci sono differenti frequenze e tipologie di manutenzione dipendenti dai requisiti prestazionali della strada. In ogni modo i controlli e le manutenzioni sono accomunati dagli stessi tipi di degrado e dalle medesime procedure di risanamento.

### 1 Tipi di danno

Esistono molti tipi di degrado differenti per quanto riguarda il manto stradale, con diverse cause. I principali tipi di degradi sono:

- Ondulazioni longitudinali, causate da assestamenti differenziali degli strati sottostanti;
- Ondulazioni trasversali, o ormaie, causate dalla deformazione dei conglomerati bituminosi, assestamenti differenziati degli strati inferiori o fessurazioni lungo il bordo;
- Depressioni e rigonfiamenti localizzati, causate dalla deformazione del conglomerato bituminoso, errato mix design o traffico pesante troppo elevato;
- Avvallamenti localizzati, causati da troppo traffico pesante, umidità negli strati inferiori o cicli di gelo-disgelo;
- Sconfigurazione del piano viabile, causati da rappezzamenti successivi sul conglomerato bituminoso;
- Fessurazione a blocchi, causata da sottodimensionamento degli strati di pavimentazione, contrazione termica o invecchiamento del conglomerato bituminoso;
- Fessurazione di giunto, causata da cattiva costruzione delle giunzioni o movimento differenziato della carreggiata;
- Chiusini con avvallamenti e dissesti, causati da cattiva posa del chiusino o cedimento della superficie;
- Levigatura degli inerti, causata da troppo traffico pesante o bassa qualità degli aggregati superficiali;
- Rifluimento di bitume, causata da eccessiva quantità di legante nel conglomerato bituminoso o errata compattazione;
- Disgregazione e distacco di inerti, causata da aggregati non di prima categoria, traffico pesante o scarsa quantità di legante;
- Buche superficiali, causate da scarsa coesione tra strato d'usura e strati sottostanti;
- Fessurazioni longitudinali e trasversali, causate da ritiro termico o fessurazioni sottostanti o conglomerato troppo rigido;
- Fessurazioni ramificate, causate da eccessiva rigidità, carichi eccessivi e cicli di gelo e disgelo;
- Depressioni localizzate, causate da erosione degli strati sottostanti o sottodimensionamento del traffico;
- Cedimenti estesi, causati da scarsa portanza degli strati sottostanti;
- Buche profonde, causate da pavimentazioni invecchiate ed inadeguate.



## 2 Manutenzioni

La maggior parte degli effetti di degrado dei manti stradali è riparabile completamente solo con un risanamento dell'intero manto stradale. Questa soluzione non è tuttavia sempre economicamente applicabile, per cui si preferiscono interventi che non risolvono interamente il problema, ma sono efficaci per prolungare la vita utile del manto stradale, avendo inoltre un limitato impatto in termini di costi e di tempistiche, andando a prevenire il peggioramento della situazione attuale. Si possono quindi distinguere interventi di manutenzione di tipo preventivo, che prevede interventi sullo strato superficiale del manto stradale, da interventi curativi, che coinvolgono anche gli strati inferiori. Gli interventi preventivi comprendono:

- Riempimenti buche, che si fanno principalmente manualmente, andando a risagomare i bordi delle buche, e a pulirne le superfici, poi si esegue un rappezzo di nuovo conglomerato cementizio andando a compattare la superficie per non creare asperità. Occorre usare un'abbondante mano di ancoraggio per permettere una migliore coesione tra il conglomerato aggiunto e quello preesistente;
- Rappezzi, che sono effettuati come il riempimento delle buche, ma coinvolgono una superficie di qualche metro quadrato. Può richiedere una fresatura per far aderire meglio il conglomerato da stendere;
- Sigillatura fessure, che può essere eseguita a freddo, tramite apposito nastro performante, o a caldo, con materiale bituminoso di adeguata granulometria per la fessura in esame;
- Rigenerazione dell'aderenza senza apporto di materiale, che è eseguita con l'ausilio di apposite fresatrici che agiscono sulla superficie del manto stradale andando a generare una maggiore rugosità e migliorando quindi l'aderenza;
- Trattamenti superficiali con apporto di materiale, che sono effettuati stendendo sopra il manto superficiale, una nuova emulsione bituminosa con apporto di aggregati;
- Tappeti di ricopertura, che sono riportati sopra il manto esistente dopo apposita mano di ancoraggio, per aggiustare la planarità del manto stradale;
- Rifacimento strato superficiale, che è impiegato tramite una fresatura dello strato presente e con stesura di nuovo conglomerato bituminoso;

Tra gli interventi curativi, invece, possiamo trovare:

- Rafforzamento, è effettuato stendendo un nuovo strato di usura sopra di quello esistente con fessurazioni, al fine di rendere lo strato esistente uno strato di fondazione;
- Ricostruzione parziale, dove vengono rimossi gli strati esistenti di pavimentazione e vengono stesi nuovi strati di usura, binder e base per rimuovere fessurazioni profonde all'interno del manto stradale;
- Risanamento, che si attua con una sostituzione di tutti gli strati del manto stradale, fino al sottofondo, per eliminare completamente ogni ammaloramento sviluppato dal manto stradale. È l'intervento più completo, ma anche quello che richiede tempi e costi maggiori.

La scelta del tipo di manutenzione da compiere dipende dalla tipologia di ammaloramento, dall'importanza della strada e dalle possibilità economiche impiegabili.



## 05.00 Conclusioni

Indice

00. Introduzione

01. Specifiche asfalti ed asfalti riciclati

02. Processo relativo all'asfalto con additivi da riciclo

03. Documentazione di approvazione per ente accreditato NANDO

04. Documentazione a corredo del prodotto

05. Considerazioni finali

### 00. Introduzione

Il progetto prevede la produzione di conglomerati bituminosi modificati aggiungendo all'interno della miscela come additivi delle materie plastiche ottenuti dal riciclo di rifiuti al fine di evitarne lo smaltimento in discarica ed allo stesso tempo migliorare le caratteristiche del conglomerato bituminoso finale. L'utilizzo di additivi plastici all'interno dei conglomerati bituminosi, infatti, permette di migliorare le proprietà del prodotto finito, fornendo una maggiore durabilità, richiedendo quindi una minore manutenzione rispetto ai materiali tradizionali. Permette inoltre di aumentare la capacità drenante del manto stradale riducendo la formazione di pozze e pertanto aumentando la sicurezza.

### 01. Specifiche asfalti ed asfalti riciclati

Si sono analizzate le principali caratteristiche e le specifiche relative ai conglomerati bituminosi attualmente nel mercato. Si sono quindi valutate le caratteristiche con la possibilità di aggiungere materiale plastico di riciclo al suo interno. Da quanto riscontrato si ottiene che l'aggiunta di materiale da fonti di riciclo permette di ottenere un prodotto avente una migliore elasticità, che si rispecchia in una maggiore durabilità e resistenza agli sforzi. L'aggiunta di additivi permette inoltre di ottenere un prodotto drenante, che migliora la sicurezza evitando la possibilità di ristagni idrici sul manto stradale.

L'aggiunta di materie plastiche permette quindi di ottenere un prodotto migliorato, a patto che la quantità di additivi non sia eccessiva, in quanto una quantità elevata di additivi peggiora le prestazioni complessive del manto stradale.

### 02. Processo relativo all'asfalto con additivi da riciclo

Si è valutata l'incidenza di additivi a base di materie plastiche di riciclo per quanto riguarda i processi produttivi del conglomerato bituminoso. Si è riscontrato che il ciclo di produzione degli asfalti non richiede particolari accorgimenti per quanto riguarda l'introduzione di materiale plastico, se non che esso debba essere eventualmente trattato preliminarmente e/o ridotto di dimensioni.

Il materiale infatti può essere introdotto direttamente nella fase di miscelazione tra bitume ed aggregati, a patto che non si di dimensioni eccessive e non contenga eccessivi inquinanti provenienti dai processi di raccolta e riciclo.

I materiali plastici si uniscono abbastanza facilmente a leganti bituminosi, in quanto hanno una struttura chimica simile. Tuttavia se dal materiale non sono stati rimossi, alcuni inquinanti possono generare problemi nel conglomerato bituminoso finito.

L'unica variazione significativa è rappresentata da una temperatura di lavorazione che deve essere più alta di circa 10-15 °C per gli asfalti modificati.



### **03. Documentazione di approvazione per ente accreditato NANDO**

Il percorso di certificazione per quanto riguarda i conglomerati bituminosi passa attraverso un organismo notificato NANDO. Il punto più importante per ottenere la certificazione è l'instaurazione dei Controlli di Produzione di Fabbrica, che devono permettere di monitorare regolarmente i prodotti in uscita al fine di garantire degli standard di qualità.

In particolare occorre identificare le normative di cui si desidera certificare il conglomerato bituminoso, che variano in base alle caratteristiche della miscela ed agli utilizzi finali del manto stradale.

Una volta identificate le norme occorre effettuare delle prove di tipo, al fine di verificare le proprietà del conglomerato bituminoso prodotto. Oltre alle prove di tipo deve essere avviato un Controllo di Produzione di Fabbrica che permetta di monitorare periodicamente le proprietà del conglomerato bituminoso, al fine di avere uno standard di qualità che si mantenga nel tempo.

L'organismo notificato deve poi certificare il sistema di controlli per poter apporre la marcatura CE nei conglomerati bituminosi prodotti.

### **04. Documentazione a corredo del prodotto**

Per quanto riguarda la documentazione a corredo del prodotto, occorre generare delle schede tecniche, di sicurezza e delle istruzioni di posa in opera.

L'aggiunta di additivi plastici nel prodotto finito non genera problemi eccessivi per quanto riguarda questo tipo di documentazione, in quanto non altera in modo macroscopico le caratteristiche di lavorabilità del prodotto finito, richiede solamente una temperatura leggermente più alta (170°C rispetto ai 150 °C del conglomerato tradizionale).

Per quanto riguarda le schede di sicurezza, esse devono essere compilate in funzione del materiale proveniente dai centri di raccolta utilizzato, in quanto possono contenere composti diversi che possono presentare rischi di tipo diverso durante l'utilizzo del materiale.

### **05. Considerazioni finali**

In conclusione, aggiungere additivi a base di materie plastiche di riciclo all'interno di conglomerati bituminosi, permette di fornire proprietà aggiuntive al prodotto finale e di smaltire le plastiche provenienti dai rifiuti. Le uniche variazioni rispetto al processo tradizionale prevedono una temperatura leggermente maggiore per le lavorazioni.

Il più grande ostacolo all'uso di materie plastiche da riciclo proviene dalla grande variabilità di composizione che esse possono avere e pertanto le proprietà finali possono variare.

A tal fine risulta necessario effettuare una selezione al fine di utilizzare solamente materie plastiche ben definite, con una variabilità limitata, in modo da non introdurre inquinanti nel ciclo di produzione ed avere un prodotto finito con caratteristiche costanti e senza la presenza di rischi eccessivi per la sicurezza degli operatori.

Un materiale con caratteristiche quanto più stabili nel tempo è inoltre necessario al fine di mantenere la certificazione CE del conglomerato bituminoso.