

IL TRATTAMENTO DI DEPOLVERIZZAZIONE PER STRADE RURALI

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE SULLA VIABILITÀ DEL COMUNE DI FANO

I rivestimenti superficiali ("surface dressing") come i trattamenti superficiali mono o multi strato attualmente rappresentano una delle tecniche più apprezzate nell'ambito della manutenzione ordinaria della rete stradale locale. I trattamenti superficiali consistono di almeno un film di bitume ricoperto da uno strato monodimensionale di aggregati radicati su di esso. Tuttavia, al fine di ottenere un trattamento più duraturo, la combinazione bitume/aggregati può essere ripetuta applicando strati successivi, l'uno incollato sull'altro, con diversi dosaggi e dimensioni a seconda delle necessità (UNI EN 12271). La fase di rullatura consolida la matrice degli aggregati sul letto di legante e fa sì che essi si dispongano lungo la loro dimensione minima che determina quindi lo spessore del trattamento superficiale [1].



1. Il trattamento di depolverizzazione lungo la viabilità rurale di Fano

Gli aggregati, che devono essere immersi nel legante bituminoso per almeno il 50% e generalmente per non più del 70% del loro spessore, creano un mosaico regolare lasciando risaltare la naturalezza e il colore dell'aggregato stesso.

Le prime applicazioni iniziarono negli anni Venti per produrre uno strato di ricopertura su strade sbrecciate a basso volume di traffico [2].

Nel tempo, i mezzi, dapprima manuali e approssimativi, seguirono un'importante evoluzione tecnologica con l'introduzione di macchine combinate che dosano automaticamente, con precisione e uniformità, la spruzzatura dell'emulsione e la simultanea caduta degli aggregati durante l'avanzamento in velocità. Parallelamente, l'innovazione dei leganti, sia dal punto di vista controllo del tempo di presa che delle prestazioni, permettono oggi efficaci applicazioni anche su strade ad alto volume traffico. Tra le possibili varianti e procedure, si usa distinguere i trattamenti superficiali che sono realizzati direttamente sulle pavimentazioni usurate della viabilità ordinaria [3] e le depolverizzazioni che, a seguito della regolarizzazione e impregnazione del piano di posa, sono applicate su strade sbrecciate o semi-pavimentate tipiche dell'ambito rurale. Tali interventi, sigillando la pavimentazione e ripristinando l'aderenza superficiale, offrono una soluzione preservativa o permanente a seconda del contesto e dello stato del piano viabile esistente.

A confronto con il tappeto a caldo, per le amministrazioni locali i maggiori vantaggi sono relazionati ai costi contenuti, alla maggiore versatilità nella gestione delle tempistiche di cantiere, al minor impiego di personale e cautele per la sicurezza, alla facilità e alla velocità di esecuzione. Lavorando a freddo, l'impatto ambientale della lavorazione è minimo e, lasciando un'estetica naturale, anche l'inserimento del tracciato in un contesto naturalistico risulta armonioso (Figura 1).

Nell'ultimo quinquennio il Comune di Fano (PU) ha rivolto particolare attenzione alle opere di manutenzione stradale, razionalizzando la pianificazione e implementando tecniche ecosostenibili e innovative alle tradizionali. Nel suo complesso, tale processo di miglioramento ha consentito, oltre a vantaggi economici, ambientali e prestazionali, anche una notevole riduzione dell'incidentalità e delle richieste di risarcimento per danni a persone o cose dovuti alla condizione della pavimentazione stradale. Dal 2013 a oggi le richieste di risarcimento danni sono decimate progressivamente di circa il 30% ogni anno, facendo registrare una riduzione di circa l'85% nel quinquennio.

Tra le varie tecniche ecosostenibili, il Comune di Fano ha fatto ampio uso del trattamento di depolverizzazione su strade rurali che da anni erano soggette a continui rappezzi e ripristini in emergenza, trovando così una soluzione duratura, a basso costo e tutelando l'inserimento del percorso in un ambito naturalistico. In dettaglio, i lavori nell'ultima stagione hanno interessato oltre 6 km della viabilità rurale per circa 16.500 m².

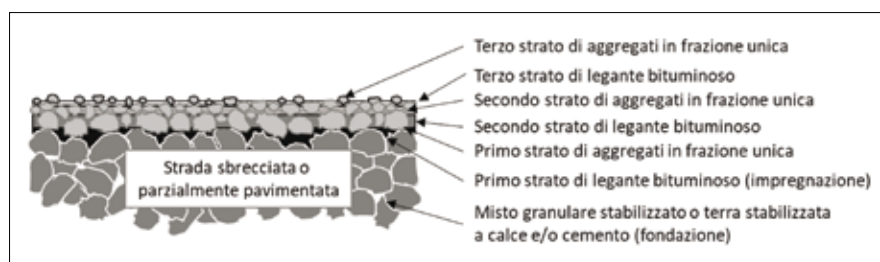
I lavori sono stati svolti con i fondi della manutenzione ordinaria secondo un'attenta pianificazione da parte dell'ufficio tecnico del Comune di Fano che ha direttamente provveduto all'ordine e all'approvvigionamento delle materie prime, al noleggio dell'attrezzatura e della squadra di operatori.

Considerando una produzione giornaliera di 1 km per un'ampiezza media di 4,0 m, il costo della lavorazione completa (materiali, noleggio attrezzatura e squadra di operatori) è stato meno della metà di quello del tradizionale tappeto di usura, permettendo un notevole risparmio a favore dell'estensione delle tratte da sanare.

Occorre inoltre menzionare l'intervento eseguito presso la Discarica ASET di Fano per una superficie di circa 4.400 m² che aveva come principale obiettivo quello di abbattere le polveri sottili (PM₁₀). Infatti, prima dei lavori di depolverizzazione le concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ rilevate all'interno dell'impianto si attestavano attorno ai 40÷50 µg/m³, con picchi puntuali nei periodi secchi fino a 100 µg/m³, di cui il maggior contributo di particolato fine in atmosfera era dovuto al sollevamento delle polveri generato dal passaggio degli automezzi sulle strade sterrate interne all'impianto. A seguito dell'intervento di depolverizzazione, le prime due campagne di misura di qualità dell'aria hanno registrato valori medi giornalieri di PM₁₀ sempre inferiori ai 35 µg/m³, con netto abbattimento dei picchi puntuali e valori alti registrati solo in punti di misura prossimi ai tratti stradali non interessati dai lavori.

LA DEPOLVERIZZAZIONE

La depolverizzazione è uno specifico trattamento superficiale che si applica su strade rurali a basso volume di traffico per realizzare un piano viabile a basso costo e ridotto impatto ambientale. A seguito della riprofilatura del piano di posa, la depolverizzazione consiste nella stesa di una mano di impregnazione con emulsione bituminosa diluita e sgranigliatura, seguita da un doppio trattamento emulsione/graniglia (Figura 2).



2. Lo schema tipico di un intervento di depolverizzazione

L'impregnazione, da realizzarsi con una specifica emulsione bituminosa a bassa viscosità (opportunosamente diluita), penetra la fondazione, rende coesa la superficie di posa e garantisce una buona adesione (ancoraggio) al successivo trattamento multistrato il quale consente a sua volta di ottenere un piano impermeabile, di abbattere le polveri nella stagione secca, evitare la formazione di fango nella stagione umida e di rispettare i valori paesaggistici esistenti lasciando prevalere il colore degli aggregati [4 e 5].

I mezzi combinati sono dotati di una vasca per contenere gli aggregati e una botte a controllo di temperatura, entrambe di circa 10 m³. Con i mezzi attualmente in uso che raggiungono un tempo di carico per 10 m³ di aggregati di circa 5 minuti, una velocità di avanzamento tra 4 e 8 km/ora applicando la simultanea spruzzatura di emulsione e caduta di aggregati, e una ampiezza della strisciata fino a 4 m, è possibile produrre circa 4.000 m²/giorno.

Per l'approvvigionamento degli aggregati occorre predisporre uno spazio nei pressi del cantiere per il loro stoccaggio considerando circa 30 kg/m² di aggregati per i due strati inferiori (15+15 kg/m²) e circa 7 kg/m² di aggregati per lo strato superiore. D'altra parte, per i leganti occorre ordinarne il quantitativo necessario considerando 3 kg/m² di emulsione per impregnazione e 3 kg/m² di emulsione per doppio trattamento successivo (1,5+1,5 kg/m²). L'emulsione può essere fornita tramite autobotte con diaframma per ospitare contemporaneamente le due tipologie di emulsione (pieno carico di circa 28 t).

Pertanto, considerando una produzione giornaliera di circa 4.000 m² si conta un approvvigionamento di circa 120 t di graniglia per i primi due strati, 28 t di graniglia fine per lo strato superficiale, 12 t di emulsione per impregnazione e 12 t di emulsione per il successivo doppio trattamento.

Fondamentale per il successo dell'intervento è l'impiego di un rullo gommato di almeno 10 t che consenta di orientare gli aggregati sulla dimensione minima, immergerli nel legante e incastrarli tra loro. Le gomme non vanno portate a massimo gonfiaggio per assicurare una totale ricopertura delle passate. Non è consigliato l'uso del rullo con cilindri in ferro in quanto esso può provocare la rottura degli aggregati e mostrare scarsa efficacia nell'ammorsare gli aggregati se il piano di posa non è perfettamente regolare (effetto ponte).

Nel caso di strade rurali, la depolverizzazione è preferibile allo strato di usura tradizionale in conglomerato bituminoso perché il suo manto bituminoso è intimamente legato alla superficie trattata, con caratteristiche di flessibilità tali da seguire senza eccessivo danno gli eventuali assestamenti del sottofondo.

LE SPECIFICHE PER LA DEPOLVERIZZAZIONE SULLA RETE VIARIA DEL COMUNE DI FANO

Il trattamento superficiale tramite depolverizzazione consiste nella realizzazione in sito di una superficie coesa composta da emulsione bituminosa (tradizionale o modificata con lattice o polimeri SBS) e da pezzature omogenee di graniglie, applicati a strati successivi da macchine automatiche in grado di porre in opera l'emulsione bituminosa e, immediatamente a seguire, l'inerte nelle quantità di progetto su percorsi variabili in larghezza, pendenza e direzione.

La depolverizzazione deve essere realizzata su uno strato di fondazione (misto granulare o terra stabilizzata a calce e/o cemento) opportunamente livellato e compattato.

I materiali impiegati devono essere qualificati in conformità al regolamento (UE) 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità alla rispettiva Norma europea armonizzata, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Gli aggregati

Lo strato di posa deve avere proprietà portanti adeguate al volume e tipo di traffico che interessa la tratta e deve essere risagomato per definire le pendenze trasversali e ripristinare la

regolarità superficiale. Per la risagomatura è possibile utilizzare un misto granulare stabilizzato (aggregato in frazione unica) 0/20 o 0/30 di categoria G_A80 o G_A85 in funzione delle eventuali depressioni da correggere. Le caratteristiche del misto granulare di risagomatura sono riportate in Figura 3.

Eventuali lievi non conformità dovute alla difficoltà di reperibilità di aggregati con tali caratteristiche nel territorio, possono essere comunque accettate, a discrezione della Direzione Lavori, a patto che sia sempre e inequivocabilmente garantita la prestazione dell'opera.

In alternativa alla fondazione in misto granulare stabilizzato può essere prevista la stabilizzazione in sito a calce e/o cemento o il misto cementato, anche con inerti di recupero, con dosaggi e procedure da stabilire secondo uno specifico studio. Gli aggregati grossi (D > 4 mm; d ≥ 1 mm) per la depolverizzazione devono provenire dalla frantumazione di roccia, dovranno essere di forma poliedrica, puliti ed esenti da argilla e materiale contaminante e rispondenti alle prescrizioni mostrate in Figura 4.

Le classi e i dosaggi di aggregato grosso da impiegare sono riportati in Figura 5.

Potranno essere valutate altre pezzature o categorie in funzione della reperibilità sul territorio nel rispetto delle proporzioni e qualità.

PARAMETRO	METODO DI PROVA	UNITÀ DI MISURA	VALORI RICHIESTI	CATEGORIA UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	FI ₂₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	SI ₂₅
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄ 2
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 50	SE ₅₀
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-

3. Le caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per fondazione o risagomatura

PARAMETRO	METODO DI PROVA	UNITÀ DI MISURA	VALORI RICHIESTI	CATEGORIA UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione*	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 20	FI ₂₀
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 20	SI ₂₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄ 2
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE ₇₀

4. Le caratteristiche dell'aggregato per depolverizzazione

* La classe LA20 e la resistenza alla levigazione PSV45 o PSV50 (UNI EN 1097-8) potranno essere richieste a discrezione della Direzione Lavori per soddisfare requisiti più elevati di resistenza alla frammentazione e al derapaggio

STRATO	DESIGNAZIONE	CATEGORIA	CONTENUTO DI FINE [%]	DOSAGGIO [L/M ²]
Primo	8/12*	G _c 90/15	≤ 2%	9÷10*
Secondo	8/12	G _c 90/15	≤ 2%	9÷10
Terzo	4/8	G _c 90/15	≤ 2%	4÷5

5. Gli aggregati e i dosaggi per la depolverizzazione

* Potrà essere richiesta la pezzatura 10/18 e il dosaggio potrà essere incrementato di 5÷6 l/m² nel caso sia necessario regolarizzare la spiccata megatessitura del piano di posa (fondazione)

Occorre precisare che il dosaggio da Norma tecnica è orientativo e va aggiustato sul campo in funzione della non uniformità della tessitura della strada.

L'emulsione bituminosa

Il legante per l'impregnazione della fondazione deve essere costituito da emulsione cationica di bitume distillato nel rispetto dei requisiti mostrati in Figura 6.

Il legante per la depolverizzazione può essere costituito da emulsione di bitume tradizionale (Figura 7) o, per maggiori prestazioni, da emulsione di bitume modificato con polimeri SBS (Figura 8). Il tipo e il dosaggio dei leganti da utilizzare sono mostrati in Figura 9.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità alla Norma europea armonizzata UNI EN 13808, da consegnare al

momento della consegna in cantiere. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

LA PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA

Il piano di posa deve rispondere ai requisiti di quota e sagoma indicati in progetto.

Prima di realizzare una depolverizzazione occorre risagomare la sede stradale con il misto granulare stabilizzato 0/20 o 0/30 di categoria G_A80 o G_A85 (Figura 3), opportunamente umidificato, steso e compattato. La livellazione con motorgrader deve portare lo strato di posa alla quota di progetto e ripristinare le pendenze trasversali, la regolarità della carreggiata e permettere la predisposizione o il riefficientamento delle piccole opere per il corretto deflusso delle acque.

Nel caso di spiccata macrotessitura, può seguire uno strato di 10/18 G_c 90/15 (Figura 4) allo scopo di regolarizzare la superficie.

La fondazione deve essere inumidita e compattata con rullo ferro-gomma vibrante o rullo gommato con peso di almeno 15 t.

EMULSIONE BITUMINOSA PER IMPREGNAZIONE (UNI EN 13808/2013: C55B3)

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	5
Sedimentazione a sette giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 155	3
BITUME RESIDUO				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 220	5
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 35	8

6. Le caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione

EMULSIONE DI BITUME DISTILLATO PER DEPOLVERIZZAZIONE (UNI EN 13808/2013: C65B3)

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	8
Sedimentazione a sette giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Adesione	UNI EN 13614	[%]	≥ 90	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 155	3
BITUME RESIDUO				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 43	6

7. Le caratteristiche dell'emulsione di bitume distillato per depolverizzazione

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI SBS PER DEPOLVERIZZAZIONE (UNI EN 13808/2013: C65BP3)

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	8
Sedimentazione a sette giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Adesione	UNI EN 13614	[%]	≥ 90	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 155	3
BITUME RESIDUO (PER EVAPORAZIONE UNI EN 13074-1)				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 60	2
Coesione	UNI EN 13588	J/cm ²	≥ 1,4	2
Ritorno elastico	UNI EN 13398	[%]	≥ 75	4

8. Le caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato con polimeri SBS per depolverizzazione

STRATO	DESIGNAZIONE	DOSAGGIO DI EMULSIONE [KG/M ²]	DOSAGGIO DI BITUME RESIDUO [KG/M ²]
Impregnazione della fondazione	C55B3	3,00	1,65
Prima mano	C65B3 o C65BP3	1,50	0,98
Seconda mano	C65B3 o C65BP3	1,50	0,98

9. Le emulsioni e i dosaggi per la depolverizzazione

Per rinforzare la struttura della strada sono particolarmente indicate le operazioni di stabilizzazione a calce e/o cemento o il misto cementato, prodotto anche con materiali di recupero, che possono così sostituire la fondazione in misto granulare stabilizzato.

L'EQUIPAGGIAMENTO

Per la realizzazione della depolverizzazione sono richiesti appositi mezzi combinati in grado di effettuare simultaneamente e con massima precisione la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo una distribuzione omogenea dei componenti.

Lo spargimento automatizzato della graniglia immediatamente dopo lo spruzzamento del legante ne facilita l'ammorsamento e deve evitare qualsiasi difetto dovuto a scarso controllo dei dosaggi e omogeneità.

La fase di rullatura per orientare gli aggregati sulla dimensione minima, immergerli nel legante e incastrarli tra loro deve essere completata da cinque passate di rullo gommato di almeno 10 t che opera a circa 3 km/ora per le prime tre passate e circa 8 km/ora per le ultime due passate. La rullatura deve essere eseguita su ogni strato.

Dopo una settimana di traffico, potrà essere valutata la necessità dell'impiego di una motospazzola con aspiratore e setole plastiche per rimuovere l'eventuale eccesso di aggregati senza dislocare quelli ben ammorsati a mosaico nel legante.

L'ESECUZIONE DELLE LAVORAZIONI

Per una corretta esecuzione della depolverizzazione le fasi da svolgere sono:

- riprofilatura e compattazione del piano di posa;
- impregnazione dello strato di supporto (fondazione o risagomatura) con emulsione bituminosa in ragione di 3,0 kg/m² e simultanea stesa di graniglia 8/12 mm in ragione di 10 l/m² (circa 15 kg/m²);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- spruzzatura della prima mano di emulsione bituminosa in ragione di 1,5 kg/m² e simultanea stesa di graniglia 8/12 mm in ragione di 10 l/m² (circa 15 kg/m²);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- spruzzatura della seconda mano di emulsione bituminosa in ragione di 1,5 kg/m² e simultanea stesa di graniglia 4/8 mm in ragione di 5 l/m² (circa 7 kg/m²);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- apertura al traffico a velocità ridotta di 30 km/ora per 24 ore.

L'APPLICAZIONE PRESSO LA DISCARICA ASET DI FANO

La viabilità interna alla discarica ASET di Fano in località Monteschiantello, ad eccezione dell'area posta all'ingresso dell'impianto e degli uffici, è composta da strade sbrecciate in misto granulare stabilizzato e un sottofondo in terreno naturale o composto da rifiuti compattati in funzione della zona. Quando il sottofondo è composto da rifiuti, esso è soggetto a continui cedimenti di assestamento rendendo quindi il supporto della pavimentazione instabile nel tempo.

Un'altra particolarità è dovuta al fatto che le strade sono trafficate non solo da mezzi pesanti in ingresso e uscita dalla Discarica, ma potenzialmente anche da mezzi d'opera e da rulli pesanti



10. Dettaglio del misto cementato con matrice in conglomerato bituminoso di recupero 0/25



11. La compattazione del misto cementato con fresato con rullo ferro-gomma

a piede di montone (con speroni più invasivi rispetto a quelli comunemente usati in ambito stradale) quando questi necessitano di interventi di manutenzione. Anche un singolo passaggio di un rullo a piede di montone potrebbe comportare la rottura per punzonamento di una qualsiasi pavimentazione nei punti di appoggio degli speroni.

Su tali strade, specialmente nel periodo estivo quando la pavimentazione è in stato asciutto, il transito dei mezzi comporta un rilevante innalzamento delle polveri nell'aria fino a raggiungere livelli di guardia. D'altra parte, nei periodi più piovosi, il ruscellamento dell'acqua causa solchi, irregolarità superficiali e buche con inevitabile impatto negativo sulla sicurezza e agio di guida da parte degli operatori.

Tenendo in considerazione l'instabilità del sottofondo e l'eventualità del passaggio di rulli pesanti a piede di montone che porterebbero al fallimento di qualsiasi tipo di pavimentazione, con l'obiettivo di limitare l'innalzamento delle polveri e di sigillare la sovrastruttura, come intervento di ripristino della pavimentazione si è scelto di eseguire una risagomatura del piano di appoggio e una depolverizzazione della superficie con trattamento a tre mani di emulsione di bitume modificato e graniglia.

Tale intervento, da applicare ad un'area di circa 4.400 m², è stato anche motivato dalla velocità realizzativa, così da non richiedere una prolungata interruzione del traffico e quindi da non pregiudicare la funzionalità del sito.

Per la risagomatura del piano di posa in alternativa al misto granulare stabilizzato previsto da Capitolato è stato accettato, come proposta migliorativa, un misto cementato con il 2% di cemento composto da conglomerato bituminoso di recu-

pero (fresato) selezionato tramite processo di frantumazione e vagliatura per ottenere una frazione 0/25 (Figura 10).

A seguito del controllo qualità, il misto cementato con fresato ha mostrato valori medi di resistenza a trazione indiretta e a compressione a sette giorni di maturazione a 25 °C rispettivamente di 0,20 N/mm² e 3,36 N/mm², considerati soddisfacenti per l'uso in quanto notevolmente superiori a quelli che avrebbe potuto garantire il materiale sciolto previsto in progetto.

Le operazioni preparatorie sono iniziate con la bagnatura del supporto, lo scarico del misto cementato in mucchio, la riprofilatura tramite motorgrader e la compattazione con rullo ferro-gomma (Figura 11).

Per il trattamento di depolverizzazione in tre mani su tutta l'area di intervento è stata prevista la bagnatura del supporto, l'applicazione dell'impregnazione e sgranigliatura e due mani di emulsione di bitume modificato e graniglia in successione,



12. L'applicazione del trattamento di depolverizzazione e la successiva rullatura

EMULSIONE BITUMINOSA PER IMPREGNAZIONE

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori ottenuti
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	55
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 155	145
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 220	54
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 35	46

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI SBS PER DEPolverIZZAZIONE

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori ottenuti
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	66
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 155	93
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	49
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 60	67
Ritorno elastico	UNI EN 13398	[%]	≥ 75	77

13. Le verifiche eseguite sulle emulsioni prelevate

ognuna rullata con rullo gommato (Figura 12) secondo le prescrizioni di Capitolato.

I successivi sopralluoghi hanno permesso di valutare un buono stato di consistenza della superficie senza particolare eccesso di graniglia tanto da non consigliarne la spazzolatura e aspettare il normale eventuale rilascio o miglior ammassamento a seguito del transito dei mezzi pesanti.

IL CONTROLLO QUALITÀ

Le operazioni di controllo qualità, da prevedere a discrezione della Direzione Lavori con frequenza giornaliera o ogni 5.000 m² di stesa in cantiere, hanno permesso la verifica delle caratteristiche richieste sia per gli aggregati che per le emulsioni impiegate.

La frazione di aggregati usata per il primo e per il secondo strato è stata una 6/12, mentre per il terzo strato è stata usata una 4/8. Entrambe le frazioni ricadevano nella categoria Gc 85/15 ed erano caratterizzate da un coefficiente di appiattimento pari a 20 e contenuto di fini pari a 2%.

L'emulsione per l'impregnazione e l'emulsione di bitume modificato usata per il successivo trattamento sono risultate entrambe idonee e in linea con i requisiti di Capitolato (Figura 13).

CONCLUSIONI

Il trattamento di depolverizzazione, che consistete in tre applicazioni di strati emulsione/graniglia sovrapposti, è risultato uno strumento funzionale e a basso costo nella manutenzione delle strade a limitato volume di traffico, regolarizzando e sigillando la strada. La colorazione naturale degli aggregati che emerge, rende inoltre la pavimentazione ben armonizzata nel contesto ambientale.

L'applicazione lungo la viabilità del comune di Fano ha permesso un ripristino duraturo di circa 6 km di strade rurali soggette in passato a continui rappezzi e riprofilature. Lavorando con i fondi della manutenzione ordinaria e provvedendo all'ordine dei materiali necessari (misto granulare stabilizzato, due frazioni di

aggregati e due tipologie di emulsione), oltre che al noleggio dell'equipaggiamento (livellatrice, macchina combinata e rullo) e delle maestranze, il costo dei lavori confrontato con qualsiasi altra procedura tradizionale ha comportato un risparmio di circa il 50% a parità di efficacia.

Notevoli vantaggi sono stati registrati anche dall'applicazione sulla viabilità interna della Discarica ASET di Fano per la quale i valori di PM₁₀ dovuti al sollevamento delle polveri generato dal passaggio degli automezzi sono stati più che dimezzati. ■

(1) Ricercatore del Dipartimento di Economia, Scienze e Diritto dell'Università degli Studi della Repubblica di San Marino

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare la Valli Zabban SpA, l'Ufficio Lavori Pubblici del Comune di Fano, la Società ASET di Fano e l'Impresa Costruzioni Nasoni Srl per aver condiviso conoscenze e esperienze di cantiere.

Bibliografia

- [1]. California Chip Seal Association, "Six steps to a better chip seal: design, construction and application", 2014.
- [2]. D. Gransberg, D. James - "Chip seal best practice", NCHRP Synthesis 342, Washington D. C., 2005.
- [3]. A. Grilli - "I trattamenti superficiali per la manutenzione stradale", "Strade & Autostrade", n° 114 Novembre/Dicembre 2015.
- [4]. SITEB - "Emulsioni bituminose: applicazioni, suggerimenti e note tecniche", 2004.
- [5]. SITEB - "Linee guida per la marcatura CE delle emulsioni bituminose", 2011.