

PROGETTO LIFE NEREIDE PROSSIMO AL TRAGUARDO

**IL PROGETTO LIFE NEREIDE (NOISE EFFICIENTLY REDUCED BY RECYCLED PAVEMENTS),
COORDINATO DAL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE DELL'UNIVERSITÀ DI PISA,
È IN FASE DI COMPLETAMENTO**

Il progetto, nato con l'obiettivo di dare un contributo alla risoluzione delle problematiche ambientali connesse ai fenomeni di disturbo indotti dal rumore veicolare, particolarmente sentite in ambito urbano e strettamente dipendenti dalle caratteristiche superficiali della pavimentazione, si propone di definire delle Linee Guida per la progettazione, la costruzione e il monitoraggio di pavimentazioni ad elevata sostenibilità ambientale; il progetto è stato sviluppato sulla base delle indagini svolte su due siti sperimentali, sui quali sono state posate 12 miscele di

conglomerato bituminoso per strati di usura, di cui sette a bassa emissione sonora (che agiscono sulla riduzione della generazione del rumore di rotolamento) e cinque fonoassorbenti (che agiscono sull'assorbimento dell'energia acustica).

Tali miscele sono state prodotte a temperature più basse rispetto a quelle dei tradizionali conglomerati a caldo, utilizzando le tecnologie cosiddette "a tiepido" o warm (Figura 1), e sono composte, oltre che da aggregati e bitumi di primo impiego, anche da fresato (RAP - Reclaimed Asphalt Pavement)

proveniente dalla demolizione di pavimentazioni esistenti e da polverino di gomma proveniente da Pneumatici Fuori Uso (PFU).

Gli eco-obiettivi chiave che il NEREIDE si proponeva di raggiungere erano:

- la mitigazione dell'inquinamento acustico;
- la riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera, resa possibile grazie all'abbassamento delle temperature di lavorazione e al reimpiego di materiali di risulta, altrimenti destinati a discarica.

In dettaglio, il progetto ha previsto la costruzione di 12 tratti sperimentali, uno per ogni miscela, ciascuno avente una lunghezza di circa 400 m; essi sono localizzati su due siti distinti, individuati sulle strade urbane della Regione Toscana, scelti opportunamente tra quelli su cui erano previsti interventi di risanamento acustico nell'ambito dei Piani Regionali. In particolare, a fine 2018, sono stati realizzati sei manti di usura sperimentali sulla "SRT 439 Sarzanese-Valdera" nel comune di Massarosa (LU); tra Aprile e Maggio 2019 sono stati realizzati i restanti sei tratti sulla "SRT 71 Umbro-Casentinese" nei comuni di Arezzo e Castiglion Fiorentino (AR).



1. Un esempio di tecnologia warm: la stesa delle miscele in assenza di fumi

IL PROGETTO DELLE MISCELE

Il mix design delle miscele ha rappresentato senza dubbio la task più importante del progetto; un'approfondita conoscenza dei materiali costituenti, della composizione volumetrica e delle caratteristiche meccaniche della miscela addensata è fondamentale per prevederne il comportamento in opera (Figure 2 e 3).

Il mix design è stato eseguito in due fasi distinte, temporalmente distanziate di poco più di un anno: nella prima fase sono state studiate le sole miscele contenenti polverino di gomma previste nel sito I; nella seconda fase sono state studiate le miscele contenenti polverino di gomma e fresato del sito II. Il primo step è stato quello di definire, attraverso specifici test di laboratorio condotti sui leganti e sui mastici (miscele costituite da bitume vergine + parte del RAP passante a 0,15 mm), le massime quantità di polverino di gomma e fresato da poter introdurre nelle miscele che, senza comprometterne le prestazioni meccaniche, garantissero il raggiungimento delle prestazioni acustiche e funzionali richieste in opera.

Il polverino da PFU che viene utilizzato nel confezionamento dei conglomerati bituminosi può essere ottenuto da pneumatici per auto o per autocarri. Il materiale più usato nella composizione della mescola degli pneumatici per auto è il polimero Styrene-Butadiene-Rubber (SBR), un copolimero di gomma sintetica costituito da stirene e butadiene; la mescola degli pneumatici degli autocarri è invece principalmente composta da gomma naturale (NR). Generalmente si utilizza polverino di gomma proveniente da entrambe le tipologie di pneumatici, in ragione del 50% ciascuno, e pertanto il polverino che ne deriva è indicato con la sigla SBR/NR.

Come ormai ben noto, la metodologia che prevede l'additivazione del polverino direttamente agli aggregati e al bitume durante la fase di miscelazione del conglomerato bituminoso viene detta tecnologia "dry"; quella che invece prevede



2. Esempio di manto di usura a bassa emissione sonora: la mitigazione del rumore è ottenuta limitando la generazione del rumore di rotolamento



3. Esempio di manto di usura fonoassorbente: la mitigazione del rumore è ottenuta per assorbimento dell'energia acustica

l'additivazione del polverino al bitume, all'interno di uno specifico impianto di miscelazione, viene detta tecnologia wet. In quest'ultima, il bitume e il polverino SBR/NR vengono miscelati e lasciati reagire a una temperatura tale da consentire il rigonfiamento delle particelle di gomma; la quantità di polverino da introdurre nel bitume varia tra il 15 e il 22% in peso. La

qualità del legante che si ottiene dipende fortemente da una serie di fattori quali: la temperatura, il tempo di miscelazione, il tipo e l'intensità dell'energia di miscelazione meccanica imposta, la morfologia e la granulometria del polverino, l'eventuale presenza di gruppi aromatici nel bitume.

Tutte le miscele realizzate nell'ambito del progetto NEREiDE, ad eccezione di quelle tradizionali di riferimento, sono state prodotte introducendo il polverino sia mediante processo dry che mediante processo wet.

Per quanto riguarda il contenuto di RAP da impiegare, per ciascuna tipologia di miscela, le massime percentuali di riutilizzo sono state identificate assicurando il rispetto contemporaneo di due requisiti fondamentali:

- definizione di una curva granulometrica della miscela atta a garantire il raggiungimento di una specifica tessitura superficiale dello strato finito, necessaria a ridurre la generazione di rumore;
- adeguata resistenza a fatica dei mastici prodotti con la massima percentuale di RAP, che non pregiudichi la vita utile della pavimentazione.

Un ulteriore step è stato quello di individuare gli additivi necessari alla riduzione delle temperature di miscelazione e posa in opera (tecnologia warm), sia attraverso misure reologiche sul bitume con reometro rotazionale, sia mediante misure di lavorabilità eseguite mediante dispositivo Gyrotory Pressure Distribution Analyzer (GPDA) sulle miscele durante l'addensamento.

I SITI SPERIMENTALI

I tratti di strada urbana oggetto di intervento sono stati scelti sulla base di un indice di priorità legato alla presenza contemporanea di più plessi scolastici e di oltre 800 persone esposte a livelli di rumore diurni superiori a 65 dB(A).

La stesa delle usure sperimentali è stata preceduta dalla rimozione della precedente pavimentazione, per uno spessore di

4 cm (Figura 4), e il risanamento delle zone più ammalorate mediante la ricostruzione dello strato di binder; le zone da risanare sono state individuate attraverso un monitoraggio delle caratteristiche strutturali della pavimentazione esistente con apparecchiatura Falling Weight Deflectometer (FWD) e rilievo in continuo degli spessori degli strati con Ground Penetrating Radar (GPR).

Il primo sito sperimentale, che complessivamente si estende per una lunghezza di 2.400 m, è stato individuato sulla "SRT 439

Sarzanese-Valdera" nel comune di Massarosa (LU), in località Quiesa e Pian del Quercione; il secondo, lungo complessivamente circa 3.000 m, sulla SRT 71 "Umbro-Casentinese" nei comuni di Arezzo (nelle località Rigutino, Policiano e Il Matto) e Castiglion Fiorentino (AR).

Le tipologie di miscele stese nel sito I sono state:



4. La realizzazione dei siti sperimentali: rimozione della pavimentazione esistente e posa in opera del nuovo strato di usura

- due miscele di controllo "tradizionali" a caldo di cui:
 - una miscela drenante 0-12;
 - una miscela Splittmastix Asphalt (SMA) 0-12;
- quattro miscele innovative "a tiepido", contenenti polverino di gomma, con granulometria discontinua di cui:
 - due con assortimento granulometrico tipo "open graded" (processo dry e wet);
 - due con assortimento granulometrico tipo "gap graded" (processo dry e wet);

Le tipologie di miscele stese nel sito II sono sei miscele innovative "a tiepido" contenenti polverino di gomma e fresato (RAP); in particolare:

- quattro a granulometria discontinua di cui:
 - due con assortimento granulometrico tipo "open graded" (processo dry e wet);
 - due con assortimento granulometrico tipo "gap graded" (processo dry e wet);
 - due a granulometria continua con assortimento granulometrico tipo "dense graded" (processo dry e wet).

IL RILIEVO DELLE CARATTERISTICHE SUPERFICIALI: MONITORAGGI ANTE E POST OPERAM

Sui siti oggetto di intervento sono state eseguite le campagne di monitoraggio, ante e post-operam, per il rilievo degli indicatori acustici, strutturali e funzionali, così da quantificare i benefici ottenuti seguendo un approccio di tipo before-after. Il monitoraggio di tali indicatori ha permesso, inoltre, di stabilirne l'evoluzione nel tempo per effetto del passaggio del traffico.

La valutazione delle caratteristiche superficiali è stata eseguita in termini di macrotessitura, regolarità e aderenza. I profili per il calcolo degli indici della macrotessitura e della regolarità sono stati acquisiti mediante un profilometro laser; dai profili acquisiti è stata valutata la macrotessitura in termini di ETD e la regolarità in termini di IRI. Le misure di aderenza, condotte con skiddometer BV11, sono state espresse in termini di BPN, CAT ed F60 (secondo il modello dell'IFI).



5. Il controllo delle temperature durante la fase di posa in opera delle miscele. Le temperature sono ridotte di almeno 40 °C gradi rispetto alle usuali miscele tradizionali a caldo

Tali indicatori rientrano tra i Life Performance Indicators - LPI, che rappresentano degli indici di monitoraggio degli impatti del progetto. Attualmente sono stati eseguiti già tre monitoraggi di tessitura, aderenza e regolarità nel Sito I di Massarosa (LU) e 1 monitoraggio nel Sito II di Arezzo e Castiglion Fiorentino (AR). I risultati sono pienamente soddisfacenti.

L'ANALISI DEI BENEFICI

Per quantificare i consumi di materia e di energia, nonché le emissioni di CO₂ e di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nell'ambiente, associate all'intervento

proposto, è stata condotta un'analisi quantitativa dei benefici ottenuti dall'implementazione del progetto.

I risultati hanno mostrato che la produzione delle miscele con tecnologia warm e l'utilizzo di materiali riciclati consentono una considerevole riduzione degli oneri ambientali associati ai processi di costruzione degli strati di usura, rappresentando una valida alternativa alle tecnologie tradizionali, in grado di soddisfare pienamente i risultati "eco-ambientali" attesi. In particolare, l'impiego di materiali riciclati, oltre a ridurre il conferimento in discarica, permette, soprattutto nel caso del fresato, un considerevole risparmio di materie prime vergini quali bitume e aggregati. In aggiunta, la riduzione delle temperature di produzione e messa in opera (Figura 5) consente il miglioramento delle condizioni di salute dei lavoratori.

LE ATTIVITÀ FUTURE

Nei mesi che seguiranno sono previste le campagne di monitoraggio acustico e funzionale post-operam sulle stese del sito II, sulle quali saranno sperimentati i nuovi protocolli acustici di misura del rumore di rotolamento.

La redazione delle Linee Guida, che conterranno indicazioni utili all'individuazione di tecnologie, materiali e tipologie d'intervento da adottare, senza pregiudicare le prestazioni meccaniche e le caratteristiche funzionali delle nuove pavimentazioni, sarà la task conclusiva del progetto. ■

⁽¹⁾ Ingegnere del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa

⁽²⁾ Professore Associato del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa

⁽³⁾ Professore Ordinario del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa