

# UNA NUOVA FRONTIERA PER L'IMPIEGO DI RICICLATI NEI CONGLOMERATI BITUMINOSI

**DA PAVENCO, UNO STUDIO SPERIMENTALE PER L'IMPIEGO DI SABBIE RICICLATE END OF WASTE (EOW) DELLA FAMIGLIA SAND MATRIX NEI CONGLOMERATI BITUMINOSI**

La tecnica di produzione dei conglomerati bituminosi a caldo e a freddo ha subito negli ultimi anni notevoli sviluppi, non tanto dal punto di vista delle prestazioni quanto soprattutto per l'impiego di materiali derivanti da processi di recupero o riciclo. Già nel 2006, le Norme di marcatura CE della serie 13108 sancivano formalmente la possibilità di impiego di conglomerato bituminoso di recupero (più noto come "fresato") in quantità libere purché accompagnate da opportune evidenze di laboratorio tali da garantire la qualità del prodotto finale. A seguito del recepimento delle Normative europee da parte dell'Organismo UNI, le specifiche tecniche di alcuni dei principali enti gestori di strade si sono lentamente adattate aprendo la possibilità di impiego nelle miscele bituminose non solo dei fresati ma anche di altri materiali di origine cosiddetta "non

convenzionale" provenienti per lo più da processi di recupero. Già numerose sono le applicazioni di conglomerati bituminosi prodotti con alte percentuali di materia recuperata o riciclata: tuttavia la maggior parte delle Stazioni Appaltanti ancora mantiene scetticismo e riserbo rispetto all'uso di tali materiali per la costruzione delle pavimentazioni stradali, anche a dispetto di quanto proposto dalla Commissione Europea nelle Comunicazioni su Consumo e Produzione Sostenibile (COM (2008) 397) e sul GPP (COM (2008) 400) che è diventato parte integrante del Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della Pubblica Amministrazione (PAN GPP).

In relazione a quanto indicato nell'obiettivo nazionale del PAN GPP di raggiungere entro il 2015 la quota del 50% (in numero e in valore) di appalti "verdi" sul totale degli appalti pubblici stipulati per l'affidamento di servizi di progettazione e di lavori di costruzione e manutenzione di strade, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Ministero dell'Ambiente) è allo studio dei cosiddetti Criteri Ambientali Minimi per la progettazione e i lavori inerenti la costruzione e la manutenzione delle infrastrutture stradali, meglio noti come CAM strade.

Ancorché i CAM strade non siano ancora stati pubblicati in Gazzetta Ufficiale, la loro imminente emanazione ha fortemente motivato tutti gli operatori di settore ad approfondire la ricerca su aggregati riciclati. Tra questi, l'Ufficio dell'Ambiente ha sviluppato una fami-

1.





2. Il processo di lavorazione presso impianto di Lomello

glia di aggregati artificiali denominati Matrix® Family, le cui caratteristiche fisico-chimiche sono tali da renderli particolarmente adatti ad un loro sistematico impiego in svariate applicazioni nel settore dei conglomerati bituminosi.

Gli aggregati Matrix sono un EOW (End Of Waste) che deriva dal processo di valorizzazione e recupero di un'unica tipologia di rifiuto di matrice inorganica costituito da ceneri pesanti provenienti da processi di termovalorizzazione di rifiuti solidi urbani RSU. Nell'impianto di Lomello (PV), i rifiuti, dopo una fase di maturazione/litostabilizzazione, sono sottoposti a trattamenti di frantumazione e cominuzione, vagliatura, deferrizzazione e demetallizzazione per assumere l'aspetto di inerti aggregati (AG Matrix®) o di sabbie (Sand Matrix®), entrambi già da tempo utilizzati nei prodotti da costruzione per edilizia e opere d'arte in genere. Con il supporto tecnico del laboratorio Pavenco Pavement Engineering Consulting Srl di Ferrara, Officina dell'Ambiente è riuscita a individuare - tra quelle già in produzione - le tipologie del Matrix più idonee anche per l'uso nel settore dei conglomerati bituminosi, in parziale sostituzione degli aggregati fini.

L'attività sperimentale di Pavenco, già in essere da diversi mesi, ha permesso di validare l'impiego delle sabbie riciclate in diverse tipologie di conglomerato bituminoso prodotto a caldo (per strati di base, binder e usura, nonché materiali drenanti), sia a freddo, quest'ultimo usato esclusivamente per la manutenzione localizzata del manto stradale e ripristini di buche, e nei misti cementati.



3. La fase di scarico degli RSU presso impianto di Lomello

### LE CARATTERISTICHE DEL SAND MATRIX®

Il Sand Matrix® si presenta simile ad una sabbia naturale a moderato contenuto di calce dove la qualità e la quantità dei macrocomponenti è pressoché costante.

Il Sand Matrix® è un prodotto certificato EPD, acronimo di Environmental Product Declaration (Officina dell'Ambiente è regi-



4A e 4B. Sand Matrix 2-4 m (4A) e Sand Matrix 0-4 m (4B)

COMPOSIZIONE CHIMICA MEDIA		COMPOSIZIONE MINERALOGICA E DIFFRATTOMETRICA MEDIA (riferita al materiale essiccato ed espresso come ossidi)	
Perdita per calcinazione	< 10%	Anortite	Ca(Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )
SiO <sub>2</sub>	30-45%	Ghelenite	Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> SiO <sub>7</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-15%	Quarzo	SiO <sub>2</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-15%	Calce e calcite	CaO e CaCO <sub>3</sub>
CaO	15-25%	Ossidi ferrosi e ferrici	FeO e Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
MgO	2-3%	Alluminio metallico	Al
SO <sub>3</sub>	0,5-2%		
Cl	0,2-0,7%		
Alcali	4-5%		

5. La composizione chimica del Sand Matrix

strata infatti presso l'International EPD System nella categoria degli aggregati/rocce/minerali), che rappresenta una dichiarazione ambientale che ha lo scopo di comunicare al mercato le caratteristiche e le prestazioni ambientali di un prodotto in modo oggettivo e confrontabile con articoli simili.

La certificazione viene ottenuta attraverso un percorso di Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) della Matrix Family - in accordo alla Norma internazionale ISO 14040 - che ha comportato una rigorosa quantificazione degli aspetti ambientali ovvero le interazioni con l'ambiente della Matrix Family dalla fase di approvvigionamento delle materie prime fino al completamento del ciclo produttivo di OdA ("dalla culla al cancello").



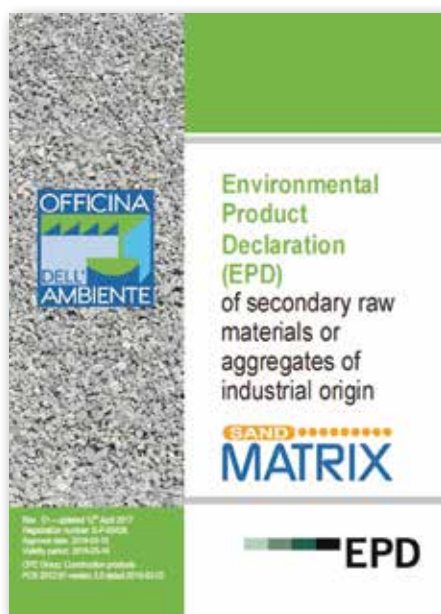
L'ottenimento della EPD per Sand Matrix® (convalida della EPD estesa ai due stabilimenti di Lomello e di Conselice - RA), esprime l'attenzione del Produttore alle problematiche ambientali e permette di fornire ai consumatori e ai Clienti dettagliate informazioni relativamente alle caratteristiche ambientali dei prodotti; la EPD ha, infatti, come obiettivo principale quello di favorire, attraverso la comparabilità tra prodotti analoghi e la capacità di scelta dell'acquirente, un miglioramento costante dei prodotti da un punto di vista ambientale.

Il Sand Matrix® inoltre possiede tutti i necessari standard tecnici obbligatori per un suo impiego nelle pavimentazioni stradali e, in particolare, negli strati legati a bitume (conglomerati bituminosi a caldo e a freddo) e cemento (misti cementati), in quanto è in possesso di marchio CE rispondente alle Normative UNI EN 13043 e UNI EN 13242.

#### LO STUDIO SPERIMENTALE

La sperimentazione qui presentata ha come oggetto l'impiego di sabbie Sand Matrix® 0/4 mm e 2/4 mm in miscele di conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume non modificato della classe pen 50/70.

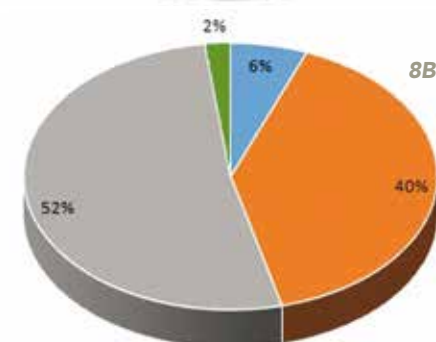
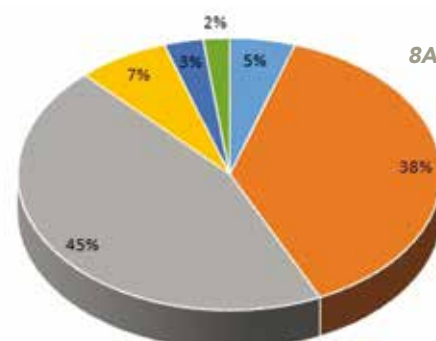
Dopo una prima caratterizzazione chimico-fisica del prodotto, la fase sperimentale ha previsto il proporzionamento degli elementi compositivi aggregati e bitume in modo da costituire miscele bituminose conformi ai requisiti del capitolato tecnico di Anas spa, la produzione delle miscele e infine le prove eseguite



6. Il marchio EPD dei prodotti della famiglia Matrix

secondo le normali pratiche tecniche e in conformità alle Normative vigenti.

Lo studio condotto è di tipo comparativo e quindi è stata prodotta in laboratorio una miscela definita "convenzionale" con soli aggregati di origine naturale (cave di prestito) e una miscela "non convenzionale" con la sostituzione, nella misura del 10% in peso, delle sabbie na-



- Calcare 8/12
- Calcare 4/8
- Sabbia frantumata 0/4
- Sand Matrix 0/4
- Sand Matrix 2/4
- Filler

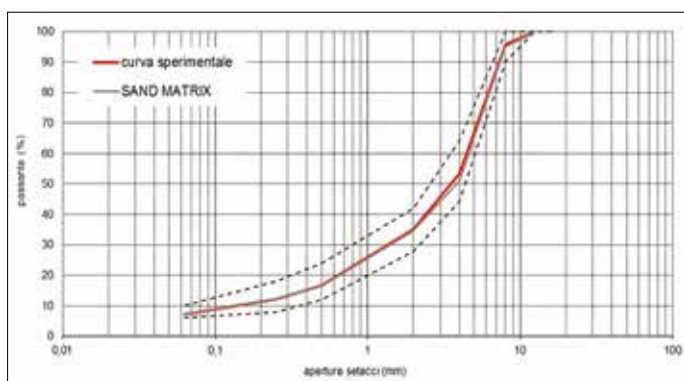
8A e 8B. Miscela 1: usura convenzionale con Sand Matrix (8A); Miscela 2: usura convenzionale senza Sand Matrix

MARCHIO CE - UNI EN 13043		
	Cod. identificazione 0-4 mm	Cod. identificazione 2-4 mm
	Sand Matrix 0-4 mm® - aggregato di origine industriale per miscele bituminose	Sand Matrix 2-4 mm® - aggregato di origine industriale per miscele bituminose
Dimensione delle particelle	0-4 e GA90	2-4 e GF85
Categoria di tolleranza	GTC20	
Contenuto di fini	f10	f10
Massa volumica delle particelle (Mg/m³)	2,33	2,34
Pulizia	MBF10	MBF10
Affinità ai leganti bituminosi (UNI EN 12697-11/2004)	90%-70%	90%-70%
Durabilità al gelo/disgelo	F2	F2
Rilascio di metalli pesanti	Entro i limiti	Entro i limiti
Rilascio di altre sostanze pericolose	Nessuna	Nessuna

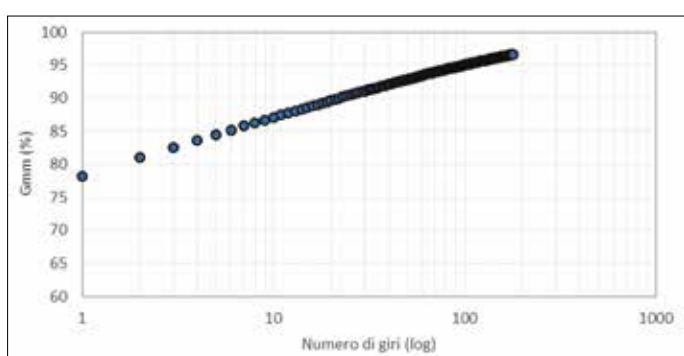
7. Il marchio CE del Sand Matrix

turali con sabbie Sand Matrix®. Per essere confrontabili, le curve granulometriche delle due miscele sono state opportunamente ricomposte risultando pressoché uguali in modo da non modificare la percentuale ottima di bitume.

Successivamente alla miscelazione in laboratorio, è stato eseguito lo studio di addensamento mediante procedimento volumetrico con pressa giratoria, volto a valutare la lavorabilità del materiale e i vuoti ottenibili dal conglomerato una volta in posa. Gli impasti prodotti in laboratorio con il 10% di Sand Matrix® sono risultati perfettamente miscelabili e non hanno manifestato diversità rispetto alla miscela naturale di riferimento.



9. La curva granulometrica dell'usura con Sand Matrix



10. La curva di addensamento

Le condizioni standard di compattazione hanno permesso di apprezzare l'ottima attitudine all'addensamento e alla lavorabilità grazie al raggiungimento dei valori dei vuoti minimi di accettabilità.

MISCELA	VUOTI RESIDUI (%)	VALORI CAPITOLATO ANAS (%)
Miscela 1 (con Sand Matrix)	N1: 12,9	N1: 11-15; N2: 3-6; N3: > 2
	N2: 4,5	
	N3: 3,0	
Miscela 2 (senza Sand Matrix)	N1: 12,7	N1: 11-15; N2: 3-6; N3: > 2
	N2: 4,2	
	N3: 2,7	

11. Il confronto tra i vuoti delle miscele di studio

Si evidenzia, a tal proposito, che il metodo di compattazione scelto in laboratorio (ovvero con la pressa giratoria in conformità alla Normativa UNI EN 12697-31) è quello che maggiormente si avvicina alle procedure di addensamento in opera in quanto riproduce negli aggregati il medesimo movimento rototraslativo che favorisce il loro posizionamento all'interno del conglomerato.

Per quanto attiene alle prove meccaniche, oltre alle prove tradizionali di trazione indiretta UNI EN 12697-23 che hanno restituito valori compresi tra 1,4 e 1,52 MPa per entrambi i campioni di studio, si è deciso di valutare anche il comportamento con prove di tipo prestazionale, determinando il modulo elastico del materiale sottoposto a impulsi di carico mediante prove di

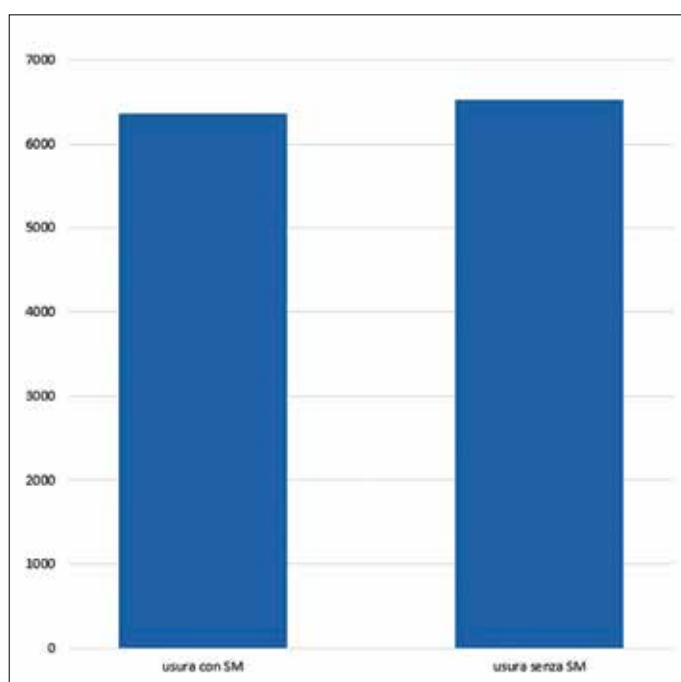


12. La prova di trazione indiretta INN laboratorio

rigidezza UNI EN 12697-26, la sua durabilità con prove di fatica UNI EN 12697-24 e la suscettibilità alla deformazione permanente con prove di ormaiamento secondo la UNI EN 12697-22. A dispetto della complessità nella preparazione dei campioni, nell'esecuzione delle prove e nell'interpretazione dei risultati, tali procedimenti di prova permettono di avere un quadro estremamente significativo e realistico del comportamento dinamico del materiale, riproducendo in laboratorio le sollecitazioni cicliche del traffico, che sono le uniche responsabili della rottura delle pavimentazioni.

Per la prova di rigidezza è stato applicato il metodo della trazione indiretta (IT-CY - Indirect Tension To Cylindrical Specimens) su campioni cilindrici compattati al livello N2 (addensamento ottenibile a fine rullatura) alla temperatura di 20 °C. Per entrambi si riscontrano valori estremamente vicini, superiori a 6.000 MPa.

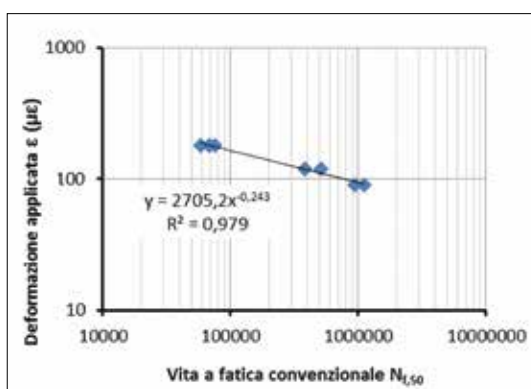
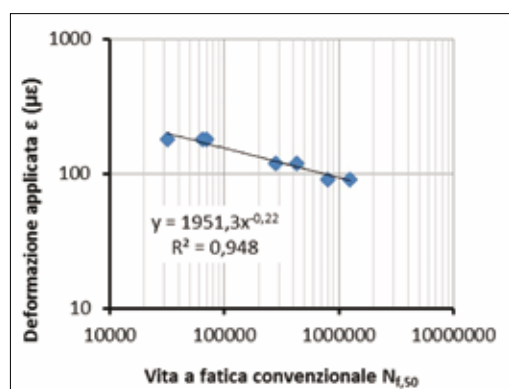
Per le prove a fatica, il metodo flessionale a 10 °C è quello che, a parere dello Scrittore, restituisce risultati più efficaci e non influenzati da componenti deformative sul provino.



13. Il confronto dei moduli E [Mpa]

Per la miscela sperimentale si è ottenuto un valore deformativo nominale  $\epsilon_6$  praticamente analogo alla miscela convenzionale (93  $\mu\epsilon$  rispetto a 91  $\mu\epsilon$ ) a testimonianza del fatto che le sabbie Sand Matrix® non determinano alcun calo nelle prestazioni dinamiche del conglomerato. Stesse conclusioni possono essere fatte guardando ai risultati delle prove di ormaimento a 50 °C.

Dal punto di vista chimico, i test di cessione eseguiti sul campione con Sand Matrix® hanno fornito risultati entro la soglia di accettabilità prevista dal DM 05/04/2006, che ne garantiscono, una volta rimosso dalle pavimentazioni con processi di fresatura o demolizione, il totale recupero e riciclo come aggregato in altre miscele (UNI EN 11531-1 - Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture. Criteri per l'impiego dei materiali. Terre e miscele di aggregati non legati).



14A e 14B. I risultati della prova di fatica su quattro punti: curva con SM e senza SM

PROVINO	WHEEL TRACKING SLOPE WTSAIR (MM/103 CICLI)	RUT DEPTH RDAIR A 10.000 CICLI (MM)	ROPORTIONAL RUT DEPTH PRDAIR A 10.000 CICLI (%)
Con Sand Matrix	0,3	2,25	6,5
Convenzionale	0,251	2,4	6,8

15. I risultati della prova di ormaimento

## CONCLUSIONI

Per comprendere gli effetti dell'utilizzo di prodotti non convenzionali quali sabbie End Of Waste nei conglomerati bituminosi di diversa tipologia e nei conglomerati cementizi, il laboratorio Pavenco Pavement Engineering Consulting di Ferrara sta conducendo con Officina dell'Ambiente diversi percorsi sperimentali in laboratorio e su scala reale, con lo scopo di trovare il giusto equilibrio tra la quantità massima di materia riciclata, prestazioni e economicità nella produzione.

La presente memoria descrive parte di una più ampia sperimentazione sull'impiego di sabbie riciclate da RSU appartenenti alla famiglia Sand Matrix®.

Per lo studio qui presentato, l'approccio scelto è stato quello di produrre un'analisi comparativa con una miscela d'usura tradizionale che già rispettasse i requisiti compositivi e prestazionali del capitolato di riferimento.

Dal punto di vista della compatibilità con aggregati e bitume, nella percentuale del 10% utilizzata per questo studio non si

sono evidenziati effetti negativi dovuti né a rigetto e neppure a eccessivo assorbimento nel legante, e anche le prove meccaniche tradizionali (trazione indiretta e modulo di rigidità) sono risultate per i due materiali conformi ed entro i limiti di soglia.

La sostituzione di parte della pezzatura delle sabbie naturali con Sand Matrix® quindi, può considerarsi pienamente accettabile e senza effetti negativi.

Questo è stato anche confermato dalle prove prestazionali che simulano su campioni di laboratorio le sollecitazioni del traffico veicolare sulla pavimentazione in esercizio: tali prove, che sono ampiamente utilizzate in ambito internazionale, non trovano applicazione diffusa nelle normali procedure di controllo nazionali, ma sono di grande supporto progettuale per comprendere il comportamento dinamico dei conglomerati bituminosi. Allo scopo, si sono scelte prove di resistenza alla fatica con metodo flessionale alla temperatura di 10 °C e prove di ormaimento

con wheel tracking alla temperatura di 50 °C.

Anche i risultati delle prove prestazionali hanno dato evidenza di buoni valori e la presenza delle sabbie Sand Matrix® ha prodotto risultati in linea con quanto atteso per conglomerati bituminosi di analoghe caratteristiche e tipologia.

L'impiego di Sand Matrix® per i materiali con applicazione stradale si ritiene conforme alle prescrizioni tecniche e ambientali e risulta anzi auspicabile alla luce del comparto normativo di prossima emanazione da parte del Ministero dell'Ambiente riguardante i Criteri Ambientali Minimi per la Progettazione e la Costruzione delle

Infrastrutture Stradali che promuove l'ingresso di tecnologie innovative per recuperare al massimo la materia riciclata nelle pavimentazioni stradali.

Anche a questo scopo, Officina dell'Ambiente per dare massima attenzione del produttore nel gestire la materia prima che deriva da rifiuti, ha inoltre ottenuto la Certificazione Remade In Italy per Sand Matrix®, che richiede la predisposizione di un piano di tracciabilità delle materie e dei flussi all'interno del processo produttivo, il controllo continuo dei Fornitori, la classificazione delle materie in ingresso e la massima trasparenza nei confronti della documentazione rilevante e di ogni elemento che possa dimostrare la correttezza dei passaggi e la cura nel processo. ■

(1) Amministratore e Direttore Tecnico di Pavenco Pavement Engineering Consulting Srl

(2) Ingegnere, Direttore Commerciale di Ecotrade SpA

(3) Responsabile Commerciale di Officina dell'Ambiente SpA