

Conglomerato bituminoso ecologico

Una scelta economica a tutela dell'ambiente

MICHELE MAZZONI*, RICCARDO ALBERTI**, UMBERTO LORENZI***

L'esigenza di smaltire annualmente enormi quantitativi di scarti ceramici nel comprensorio di Sassuolo, rappresenta da sempre un problema di non semplice soluzione.

Su incarico della ditta Fratelli Cottafava Srl, lo Studio MM S.r.l. di Mamiano (PR), in collaborazione con lo Studio Sperimentale Stradale S.r.l. di Milano, ha messo a punto a livello di laboratorio e con successive verifiche in numerosi campi prova, un tappeto di conglomerato bituminoso, dove l'inerte naturale è stato interamente sostituito da scarti cotti di lavorazione ceramica

L'industria ceramica del comprensorio di Sassuolo produce ogni anno circa 150.000 tonnellate di materiale di scarto cotto, che solo in piccolissima parte riesce ad essere riutilizzato nel processo ceramico.

La stragrande maggioranza dei quantitativi di scarto prodotti, viene quindi classificata come "rifiuto" e sottoposta ad onerose operazioni di smaltimento.

Nell'Agosto '07, su richiesta della ditta Fratelli Cottafava Srl, lo Studio MM Srl, in collaborazione con lo Studio Sperimentale Stradale di Milano, leader a livello nazionale da oltre 30 anni nel campo delle prove sugli asfalti e sui conglomerati bituminosi in genere, ha portato avanti e sviluppato lo studio di impasti di conglomerato bituminoso in cui l'aggregato naturale veniva totalmente sostituito, da materiale ceramico di scarto frantumato denominato Ecocer¹.

Lo studio in oggetto, dopo un lungo e impegnativo lavoro di ricerca, ha evidenziato la piena fattibilità del progetto, svelando risultati interessantissimi in termini sia economici che prestazionali.

Abbiamo riscontrato, fra le principali difficoltà incontrate nel portare a termine positivamente il progetto, la scarsa adesione del bitume alla superficie sinterizzata di alcuni materiali ceramici.

Il problema che ha richiesto una notevole quantità di prove, congiuntamente all'impegno di varie ditte fornitrici di additivi, è

stato alla fine brillantemente risolto grazie al contributo tecnologico della Star Asphalt Spa che ha fornito una formulazione particolarmente efficace di attivante di adesione.

Si evidenziamo di seguito le varie fasi di studio e i relativi risultati di dettaglio ottenuti sulle sperimentazioni di laboratorio condotte.

Verifiche prestazionali dei pietrischi derivanti da scarti ceramici

Per quel che riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche, i materiali ad alto grado di sinterizzazione, come le piastrelle ceramiche, sono caratterizzati da proprietà simili per molti aspetti a quelle degli inerti naturali (pietrischi e sabbie) generalmente utilizzati nella produzione di conglomerati bituminosi.

Si è quindi in primo luogo proceduto a valutare i pietrischi di "Ecocer" con riferimento a tutti i parametri di accettazione contemplati dal capitolato Speciale del Ministero dei Lavori Pubblici e dai principali Capitolati d'Appalto per opere stradali (ANAS, Province, ecc.).

I materiali analizzati sono i seguenti:

- Sabbia "Ecocer[®]" 0 - 4
- Pietrisco "Ecocer[®]" 4 - 8
- Pietrisco "Ecocer[®]" 9 - 16
- Filler calcareo

* Dott. Geol., Resp.le "Studio MM S.r.l." (Mamiano - PR) - mmazzoni@studio-mm.it

** Dott. Geol., Resp.le "Studio Sperimentale Stradale S.r.l." (Milano)

*** Dott. Geol., Resp.le settore conglomerato bituminoso - "Studio MM S.r.l." (Mamiano - PR) - ulorenzi@studio-mm.it

I risultati emersi dalle prove effettuate sui prodotti "Ecocer", sono di seguito illustrati, in relazione a un loro utilizzo nelle nuove miscele di conglomerato bituminoso.

Analisi chimiche: le analisi chimiche, condotte secondo la normativa UNI EN 1744-1, hanno evidenziato valori ben al di sotto dei limiti di accettabilità, sia per quanto riguarda la percentuale di solfati solubili in acido (<0,02%) che di quella relativa ai cloruri idrosolubili (<0,001%).

Valutazione dei fini - Metodo del blu di metilene (UNI EN 1097-6): tale procedura è stata approntata sulla sabbie Ecocer 0 - 4 ed i valori riscontrati (MB=0,3) non hanno evidenziato controindicazioni per l'utilizzo di tale materiale in una miscela di conglomerato bituminoso.

Valutazione dei fini - Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8): anche secondo tale analisi la sabbia Ecocer 0 - 4 esaminata, non evidenzia caratteri negativi al fine di un suo utilizzo in miscele bituminose; il valore di EQS registrato è stato infatti pari a 96 (valore di primissimo piano, anche confrontando il dato con le migliori sabbie naturali utilizzate per la medesima destinazione d'uso).

Resistenza alla frammentazione - Prova Los Angeles (UNI EN 1097-2): è questa una delle prove più significative dato il potenziale utilizzo dei materiali in esame; l'ECOCER Pietrisco 9/16, utilizzato come campione di prova, ha presentato valori di resistenza alla frammentazione eccellenti (coefficiente Los Angeles = 18), superiori a molti materiali naturali normalmente utilizzati in conglomerati bituminosi.

Determinazione della resistenza all'usura - Prova Micro-Deval (UNI EN 1097-1): anche questa è una prova molto significativa per un materiale destinato alla produzione di manti stradali in conglomerato bituminoso; in questo caso il Pietrisco Ecocer 9/16 sottoposto alla prova ha presentato valori di primissimo rilievo (coefficiente Micro-Deval medio = 8)

Determinazione dell'assorbimento d'acqua (UNI EN 1097-6): a questa prova sono stati sottoposti tutti i materiali

ECOCER consegnatici; i valori ottenuti oscillano tra 2 e 3% in relazione alla natura dei materiali riciclati utilizzati: tali materiali possono comprendere frammenti di porcellanato a porosità nulla e materiale cotto (monocottura) dalla porosità medio/alta (intorno al 5%).

Affinità ai leganti bituminosi (UNI EN 12697-11): l'affinità ai leganti bituminosi è per ovvi motivi una prova di importanza fondamentale per lo studio di impasti di conglomerato bituminoso; il materiale Ecocer per sua natura si presenta poco affine ai leganti bituminosi, ma tale problema è stato brillantemente superato con l'utilizzo in miscela di additivo attivante di adesione "Stardope" della società Star Asphalt. Il prodotto ha permesso di portare la percentuale di superficie ricoperta da bitume a fine prova, dal 5% su granuli non trattati ad un valore dell'80% su granuli trattati con l'attivante di adesione della Star Asphalt, che è risultato essere il più performante fra quelli testati (figura 1 e 2).

Alla luce delle analisi sopra descritte e dei confortanti risultati riscontrati, si è convenuto fattibile la realizzazione di impasti di conglomerato bituminoso.

Negli impasti sperimentali abbiamo operato la sostituzione totale degli aggregati naturali, con i granulati prodotti di recupero della ditta Fratelli Cottafava Srl, denominati Ecocer. Tale prodotto è stato definito "ecologico" per il contributo che un simile procedimento potrebbe produrre sull'ecosistema, nello smaltimento di

scorie dell'industria ceramica, di difficile collocazione se non in discariche apposite.

Progettazione miscela di conglomerato bituminoso

La prima fase di studio è stata dedicata alla progettazione di un conglomerato bituminoso per lo strato di usura (tappeto 0/8) con sostituzione totale dei pietrischi e delle sabbie naturali con materiale Ecocer, rimandando ad una fase successiva (già in corso d'opera, con risultati più che soddisfacenti) lo studio di miscele a granulometria superiore (strati di collegamento e di base) con utilizzo promiscuo di materiali vergini e riciclati.

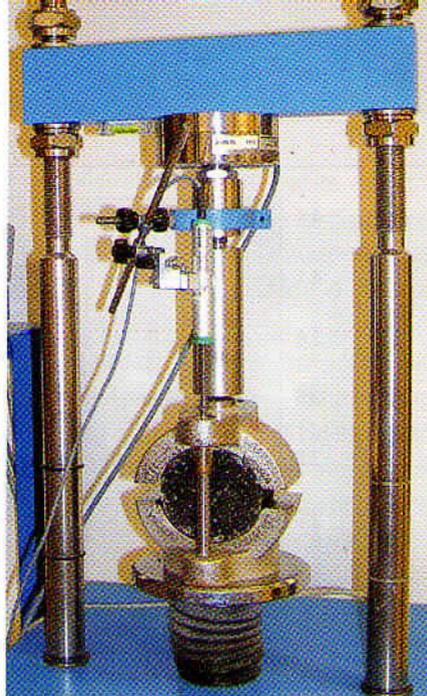
Per la realizzazione di tale conglomerato bituminoso in materiale di recupero Ecocer si è dapprima studiata, in base alle caratteristiche pezzature dei prodotti Ecocer, una curva granulometrica che soddisfacesse i requisiti richiesti dai capitolati Lavori Pubblici e ANAS, dopodiché si è intrapreso uno studio Marshall completo



Figura 1 - Risultati della prova di affinità ai leganti bituminosi su campione non trattato; nell'angolo in alto a sinistra, particolare del pietrisco prima del test



Figura 2 - Risultati della prova di affinità ai leganti bituminosi su campione trattato con attivante di adesione della Star Asphalt



Studio Marshall (CNR B.U. n. 30)

Le prove sono state eseguite impastando a 155°C la miscela di inerti proporzionata in laboratorio con diverse percentuali di legante, con l'aggiunta di attivante di adesione in ragione dello 0,5% e costipando gli impasti così ottenuti a 145°C con 75 colpi di pestello per faccia (Figura 7). L'analisi dei risultati sopra riportati ha evidenziato come la curva granulometrica sia perfettamente centrata rispetto al fuso prescelto di riferimento e che la percen-

Figure 3 e 4 - Costipatore meccanico per il confezionamento di provini Marshall ed esecuzione della prova con pressa multivelocità

(figure 3 e 4), una serie di prove volumetriche e meccaniche universalmente riconosciute, atte a determinare le reali potenzialità del nuovo prodotto. Dall'esame delle singole pezzature è stata messa a punto la miscela sperimentale, caratterizzata dalla seguente composizione:

- "Filler calcareo" 5%
- "Sabbia ECOCER® 0/4" 45%
- "Pietrisco ECOCER® 4/8" 50%

La curva granulometrica ottenuta è riportata di seguito in fig. 5. Come si può notare il prodotto ottenuto ricade perfettamente all'interno del fuso di riferimento (Fig. 6) scelto considerando i capitolati in precedenza citati.

| % di bitume riferita | | Massa volumica kg/dm ³ | Stabilità in kN | Scorrimento in mm | % vuoti | Modulo di rigidezza kN/mm |
|----------------------|------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------|---------|---------------------------------|
| all'impasto | All'inerte | | | | | |
| 5,6 | 6,0 | 2,00 | 11,56 | 2,95 | 11,7 | 3,92 |
| 6,54 | 7,0 | 2,045 | 11,78 | 3,18 | 8,8 | 3,70 |
| 7,41 | 8,0 | 2,09 | 12,17 | 3,48 | 5,7 | 3,50 |
| 8,26 | 9,0 | 2,10 | 11,50 | 4,16 | 4,2 | 2,76 |

Figure 5 - Curva granulometrica dell'EcoTappeto rapportata al fuso ANAS

| Crivelli | | Passante | |
|----------|------|----------|------|
| mm | % | mm | % |
| 25 | 100% | 2 | 39% |
| 15 | 100% | 0,42 | 18% |
| 10 | 98% | 0,18 | 12% |
| 5 | 55% | 0,075 | 8,5% |
| Setacci | | | |
| 2 | 39% | | |
| 0,42 | 18% | | |
| 0,18 | 12% | | |
| 0,075 | 8,5% | | |

Figure 7 - Determinazioni risultanti dallo studio Marshall per tappeto di usura.

tuale di bitume "ottima" con cui impastare questa particolare tipologia di conglomerato bituminoso si attesti su valori pari al 7,5 - 8%, rispetto al peso dell'inerte. Le percentuali di bitume adottate hanno palesato caratteristiche prestazionali delle diverse formulazioni che sono assolutamente in linea con i principali requisiti di accettabilità richiesti dai vari capitolati d'appalto presi normalmente a riferimento (Vd. Figura 9).

Curva granulometrica

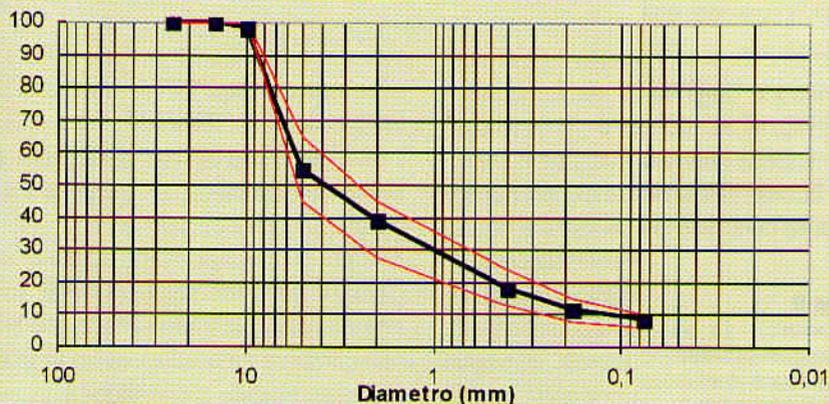


Figure 6 - Fuso di riferimento

| Fuso ANAS per tappeto sottile | | | |
|-------------------------------|-------|-----|-----|
| Crivelli mm | 25 | 100 | 100 |
| | 15 | 100 | 100 |
| | 10 | 100 | 100 |
| | 5 | 45 | 65 |
| Setacci mm | 2 | 28 | 45 |
| | 0,42 | 13 | 25 |
| | 0,18 | 8 | 15 |
| | 0,075 | 6 | 10 |

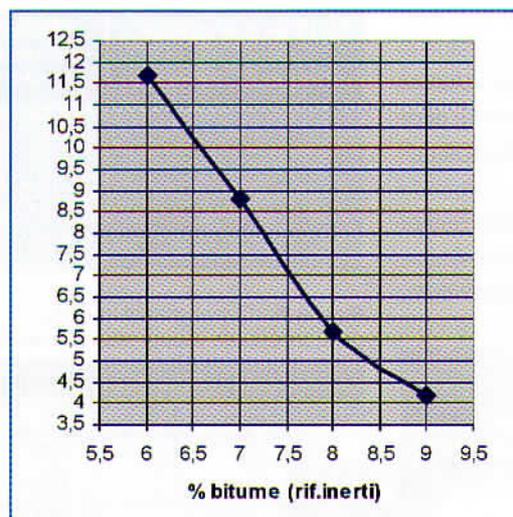
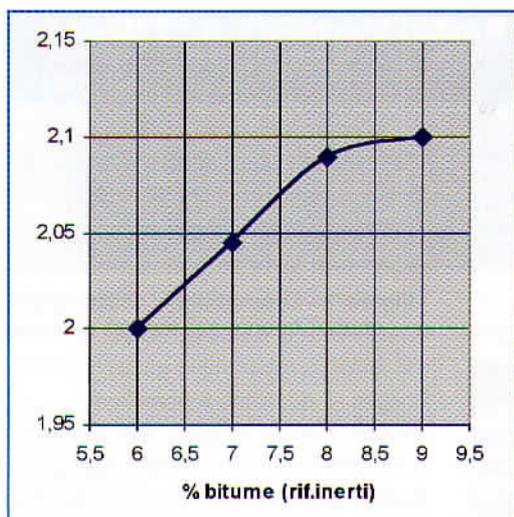
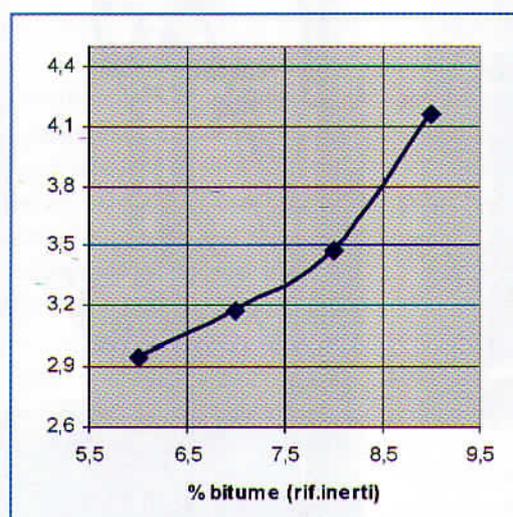
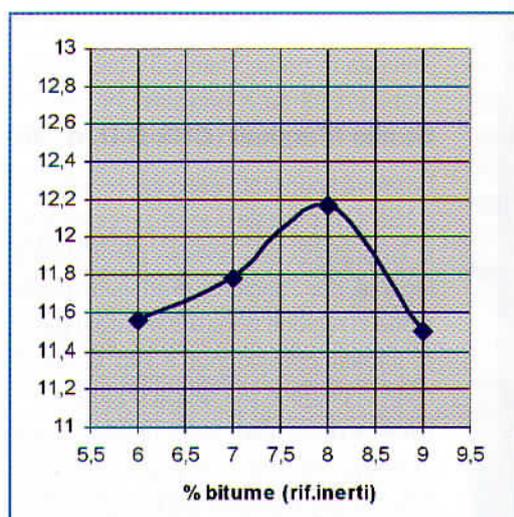


Figura 8 - Rappresentazione grafica dello studio Marshall

Ferme restando quindi le caratteristiche prestazionali di primissimo piano della miscela di progetto, si sottolinea come lo spiccato potere assorbente dei granulati Ecocer, confermato dalla sperimentazione intrapresa, ci ha portato alla formulazione di un prodotto con un tenore di bitume leggermente superiore a quello generalmente in uso nelle miscele di conglomerato, confezionate con inerti naturali (percentuali oscillanti fra 5,5 - 6,5 %).

Si evidenzia tuttavia come a causa del peso specifico minore dei pietrischi sin-

| % di bitume riferita | | Massa volumica kg/dm ³ | Stabilità in kN | Scorrimento in mm | % vuoti (*) | Modulo rigidezza di kN/mm |
|----------------------|------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------------------|
| all'impasto | all'inerte | | | | | |
| 7,41 | 8,0 | 2,090 | 10,71 | 3,28 | 5,5 | 3,26 |

Figura 10 - registrazioni prova Marshall dopo 24 ore di immersione a 60°C

terizzati di Ecocer, rispetto a quello caratteristico degli inerti vergini (2,30 - 2,40 Mg/m³ contro i 2,70 - 2,80 Mg/m³ dei materiali naturali) il volume di pietrisco Ecocer che si riesce a confezionare a parità di bitume percentuale è decisamente superiore rispetto ai quantitativi lavorabili con inerte naturale. In questo modo anche la maggior percentuale di

bitume introdotta è pienamente giustificata dai maggiori volumi di conglomerato bituminoso prodotti.

Prova Marshall dopo 24 ore di immersione a 60°C (AASHTO T166)

Di concerto con i tecnici dello Studio Sperimentale Stradale di Milano, sulla percentuale ottima di bitume individuata (8%) nel precedente studio Marshall, è stata quindi condotta una prova Marshall con metodo AASHTO T 166, che prevede l'immersione delle fustelle compattate in acqua a 60°C per 24 ore.

Questo per vedere l'eventuale effetto dell'immersione prolungata in acqua sulla capacità di adesione granuli/bitume e sul mantenimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche e della stabilità d'insieme della formulazione prescelta. Come si evince dalla tabella

sopra riportata il valore medio della stabilità ottenuta dopo 24 ore di immersione in acqua a 60°C (10,71 kN), rappresenta l'88% del valore medio della stabilità determinata su provette non sottoposte a ciclo di dilavamento a caldo (12,17 kN).

Si tratta di prestazioni di assoluta affidabilità che conferma come un'immersione in acqua a temperatura elevata di 60 °C, non comporti una caduta delle proprietà tecnologiche della formulazione in esame. Per rendere più manifesta l'eccellenza del

Capitolato dei Lavori Pubblici, prescrizioni

| | |
|------------------------|-----------------|
| Stabilità Marshall | > 11 kN |
| Rigidezza Marshall | 3,5 - 4,5 kN/mm |
| Vuoti residui Marshall | 3 - 6 % |

Figura 9

Parametri prestazionali richiesti dal capitolato dei Lavori Pubblici per uno strato di usura

valore dell'88% della stabilità, misurata rispetto al bianco di riferimento non sollecitato termicamente in ambiente acquoso, facciamo presente che la soglia di accettabilità contemplata dai principali capitolati che regolano attualmente i lavori pubblici, si colloca al di sopra del 75%.

Tutti i dati riportati in questo studio fanno parte delle sperimentazioni condotte a livello di laboratorio.

Eventuali variazioni dei parametri di lavorazione sopra riportati, potranno essere parte integrante del processo industriale tutt'ora in fase di sviluppo e ottimizzazione.

Verifica delle capacità prestazionali in fase di stesa

Con il conforto dei positivi test di laboratorio si è approntata la seconda fase di studio del conglomerato bituminoso ecologico, che ha portato alla realizzazione di un campo prove presso lo stabilimento della ditta Fratelli Cottafava Srl, ultimo e fondamentale test prima della fase di commercializzazione del nuovo prodotto.

Il campo prove, realizzato su un piazzale normalmente trafficato da autovetture e soprattutto da mezzi pesanti, è stato un banco di prove estremamente severo per l'Ecotappeto; nonostante ciò lo strato di usura realizzato, dello spessore di 3 cm, dopo 12 mesi di utilizzo non presentava segni degenerativi come sgranamenti o spellature.

Le analisi effettuate su carote estratte durante l'esecuzione del campo prove, presentavano una percentuale di vuoti prossima al 6%, per valori di bitume estratto pari a circa il 7,5%.

A seguito dei risultati positivi conseguiti anche sul campo prove, l'EcoTappeto della ditta Fratelli Cottafava Srl è entrato in commercio ed ovunque steso, non ha mai presentato problematiche che potessero inficiare la fruibilità del manto stradale, come confermato dal continuo monitoraggio, tramite carotaggi frequenti, effettuato su strade pubbliche nella Provincia di Modena e Reggio Emilia (nella tabella seguente riportiamo le principali strade su cui è stato steso l'EcoTappeto nel biennio 2008 - 2009).

I dati meccanici e volumetrici riscontrati sono sempre risultati essere in linea con i positivi valori già riscontrati con i test di laboratorio e le verifiche sul campo prove.

Sicurezza

Per avere un quadro completo e confermare la validità anche in fatto di sicurezza stradale del nuovo conglomerato bituminoso ecologico non era rimasto che valutare il rischio slittamento/derapaggio (attrito radente) su una stesa a diversi mesi dalla messa in opera.

Come infatti emerso dall'iniziale studio di fattibilità, data la scarsa affinità degli smalti ceramici con il bitume, si paventava il rischio, con l'usura dovuta al traffico dei mezzi gommati, di uno spogliamento dei grani componenti la miscela d'asfalto e quindi dell'insorgere di un pericolo scivolosità.

Figura 11 - Tabella riportante i principali interventi eseguiti dalla ditta Fratelli Cottafava Srl nel biennio 2008 - 2009

La resistenza all'attrito radente viene misurata con lo Skid Tester, uno strumento a pendolo dotato di un pattino in gomma atto a simulare il comportamento dei pneumatici delle vetture sul manto stradale; secondo i principali capitolati d'appalto per opere stradali, i valori di BPN (CNR BU n° 105) che uno strato di usura deve fornire devono essere maggiori o uguali a 60.

In data 02/10/2008 si è dunque proceduto alla misurazione della resistenza allo slittamento/derapaggio del manto stradale secondo la normativa CNR BU n° 105 presso un campo prova sito in Via Legnano a Modena.

Il tappeto in materiale Ecocer ha presentato, in condizioni di bagnato, valori BPN decisamente buoni, sempre intorno ad 80.

Tale risultato è decisamente confortante, se si pensa inoltre che test effettuati il medesimo giorno su un manto stradale in materiale naturale, prodotto dalla stessa ditta Fratelli Cottafava Srl e sito in Via Bonacini a Modena, si sono attestati su valori BPN di 76, leg-

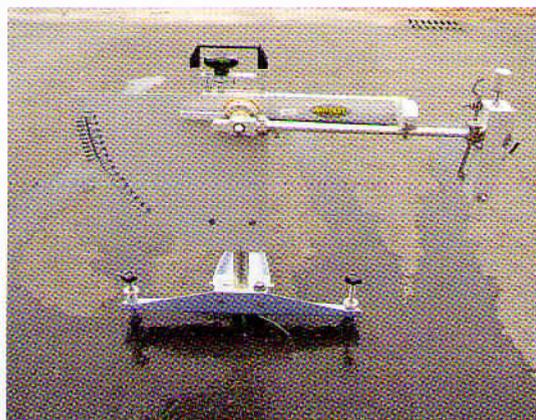


Figura 12 - valutazione della resistenza allo scivolamento mediante Skid Tester

germente inferiori quindi a quelli registrati su conglomerato Ecocer, anche se sempre superiori a quanto richiesto dai principali capitolati d'appalto. Perciò, anche in presenza di frammenti smaltati di piastrelle che vengono casualmente disposti all'interno del conglomerato bituminoso, non si ha nessuna perdita prestazionale delle caratteristiche tecniche e di sicurezza del manto stradale.

S.P. 2 di Solara (MO)
 S.P. 7 delle Valli (Gavello Modenese. MD)
 S.P. Arceto - Scandiano (RE)
 S.P. Scandiano - Fogliano - Reggio Emilia
 S.P. 468 Correggio - Reggio Emilia
 Via Villadoro (Comune di Modena)
 Quartiere Via Legnano (Comune di Modena)
 Parcheggio Darsena (Comune di Modena)
 Via Terrachini (Comune di Reggio Emilia)
 Quartiere sponda sinistra Crostolo (Comune di Reggio Emilia)
 Quartiere San Lazzaro (Comune di Reggio Emilia)

Conclusioni

Lo studio riportato in questo articolo, sviluppato in comune accordo dalla ditta F.lli Cottafava Srl (Magreta di Formigine, Modena), dallo Studio MM S.r.l. (Mamiano di Traversetolo, Parma) e in collaborazione con tecnici dello Studio Sperimentale Stradale Srl (Milano), ha dimostrato come nella produzione di conglomerato bituminoso, sia possibile

Figura 14 e 15

Impianto per la produzione di conglomerato bituminoso "Ecologico" della ditta Fratelli Cottafava Srl e cumulo di stoccaggio del granulato ECOCER® 4/8



zione di conglomerato bituminoso, purchè, con l'utilizzo di efficaci attivanti di adesione, si riesca a superare l'ostacolo della scarsa affinità di questi prodotti con il legante bituminoso, come dimostrato sia attraverso le analisi di laboratorio che

dalle ormai numerose opere di stesa. Non ultimo ci piace sottolineare come il prodotto sviluppato risulti estremamente valido sia da un punto di vista economico che da un punto di vista ecologico. Il reperimento di inerti di cava con gli anni sta diventando un onere sempre meno sostenibile per le imprese produttrici di conglomerato bituminoso ed il continuo depauperamento delle risorse di ghiaia e pietrischi sta determinando un impoverimento del patrimonio naturale e paesaggistico non sempre sostenibile. A conferma della validità dello studio operato, ricordiamo che anche a livello internazionale la ditta F.lli Cottafava S.r.l. ha ottenuto, nel giugno 2009, un finanziamento dall'Agencia Europea Innovazioni (EAC) (fig. 13) nell'ambito del progetto "eco - innovation (bando 2008)". Ricordiamo infine che il Sig. Massimo Cottafava, titolare della ditta F.lli Cottafava Srl, è depositario del brevetto per l'utilizzo dei prodotti Ecocer come aggregati nelle miscele di conglomerato bituminoso. ■

¹ il marchio Ecocer è stato ufficialmente riconosciuto dalla Comunità Europea in data 17/11/2008, con validità di 10 anni



eco-innovation
WHEN BUSINESS MEETS THE ENVIRONMENT

Figura 13 - Logo europeo eco - innovation

sostituire in parte o in toto, materiali inerti naturali (prodotti di cava), con materiale di recupero ceramico. Le ottime doti di resistenza all'usura ed alla frammentazione mostrate dalle piastrelle ceramiche ne fanno un prodotto idoneo nella realizza-

IDROTECH®

Un fiore di nebulizzazione

In Idrotech da 20 anni produciamo impianti industriali di nebulizzazione in alta pressione (10-120 bar) per abbattere polveri, neutralizzare cattivi odori, disinfettare, umidificare e rinfrescare.

*Campi di applicazione dei nostri impianti sono:
miniere, cantieri, discariche, allevamenti,
serre, esterni di ambienti pubblici, ecc.*

IDROTECH Srl
Via dell'Industria, 25
35010 BORGORICCO PD
ITALIA
Tel. +39 049 9335136
Fax +39 049 9335922
www.idrotech.com
idrotech@idrobases.com



Certificazione di qualità
Quality assured firm
n° 9100 / IDRH - 11/02/2005
UNI EN ISO 9001:2000