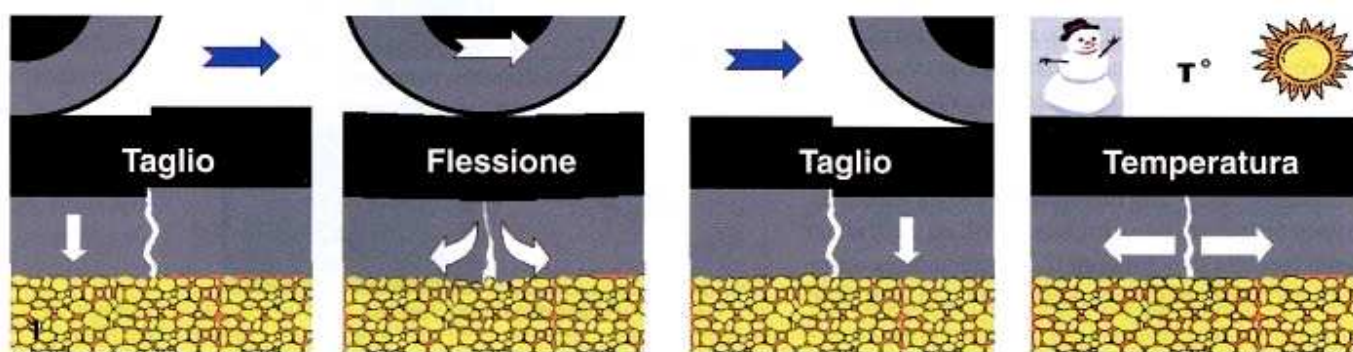


# Geogriglie in poliestere per il rinforzo di conglomerati bituminosi



Un'esperienza più che trentennale sul campo consente alla Huesker di Trieste di affermare, a ragion veduta, l'efficacia del rinforzo della pavimentazioni con geogriglie in materiale poliestere. Le prove di laboratorio e la letteratura in materia non hanno fatto che confermare quanto il cantiere aveva già espresso da tempo: le pavimentazioni con rinforzo in poliestere durano più a lungo ed hanno una economicità superiore rispetto ad interventi di ripristino di tipo tradizionale. Ma il bello è che, al termine della vita utile della pavimentazione, le geogriglie possono essere fresate con la pavimentazione stessa ed essere nuovamente utilizzate, senza perdere nulla in qualità.

**Luis Eduardo Russo**  
Ingegnere civile  
Direttore Tecnico Huesker  
Trieste

**Alberto Simini**  
Ingegnere civile  
Ufficio Tecnico Huesker  
Trieste

## FESSURAZIONE INDOTTA (REFLECTIVE CRACKING)

Il fenomeno della fessurazione indotta è di grande importanza nella progettazione stradale quando si devono affrontare problematiche di manutenzione e ripristino di pavimentazioni ammalorate.

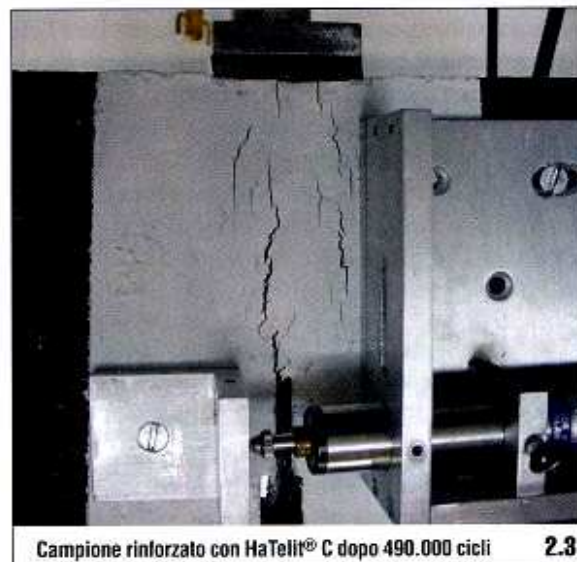
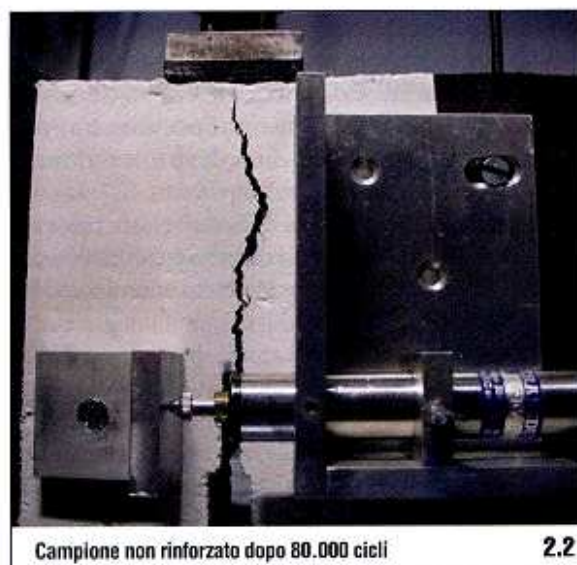
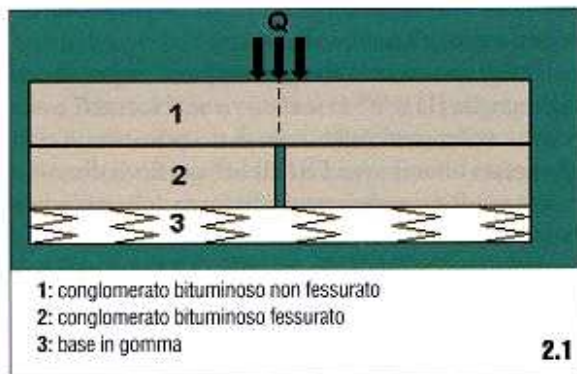
Quando su pavimentazioni fessurate vengono realizzati ricoprimenti in conglomerato bituminoso, queste fessure hanno una influenza significativa nella vita utile del ricoprimento stesso. Questo accade perché le fessure tendono a propagarsi rapidamente nello strato superiore di copertura, principalmente a causa di fenomeni di fatica indotta dal traffico e dalle variazioni di temperatura giornaliere e stagionali. In letteratura normalmente si distingue tra fessurazione indotta da traffico e variazioni di temperatura, facendo cioè riferimento a diversi modi di propagazione delle fessure (fig. 1). La funzione di un elemento di rinforzo nel conglomerato bituminoso consiste nel-

l'incrementare la resistenza dello strato in conglomerato bituminoso superficiale e distribuire le sollecitazioni di taglio su un'area più ampia, riducendo così i picchi di tensione in corrispondenza delle fessure nella nuova pavimentazione. Il rinforzo agisce ortogonalmente alle superfici della fessura, aumentando così l'effetto di incastro e di conseguenza la resistenza della pavimentazione nei confronti della fessurazione indotta. Per meglio capire i benefici derivanti dall'utilizzo di un rinforzo delle pavimentazioni bituminose, è opportuno analizzare tutte le possibili sollecitazioni agenti e tutti i potenziali meccanismi di collasso.

## PROVE DINAMICHE DI FLESSIONE E TAGLIO

Un programma di ricerca per l'analisi del comportamento di conglomerati bituminosi (rinforzati e non rinforzati) soggetti a sollecitazioni ripetute di

1. Tipologie di sollecitazione che causano fenomeni di fessurazione indotta



flessione e taglio è iniziato nel 1999 presso l' "Aeronautics Technological Institute" di San Paolo del Brasile ed è tuttora in corso. I provini analizzati in questo programma di ricerca sono costituiti da uno strato di conglomerato bituminoso posato sopra una fessura preesistente e sono sottoposti a sollecitazioni cicliche di flessione o taglio (Montestruque, Rodrigues, Nods, Elsing, 2004).

I risultati hanno dimostrato che nei conglomerati bituminosi rinforzati con l'HaTelit® C (geogri-

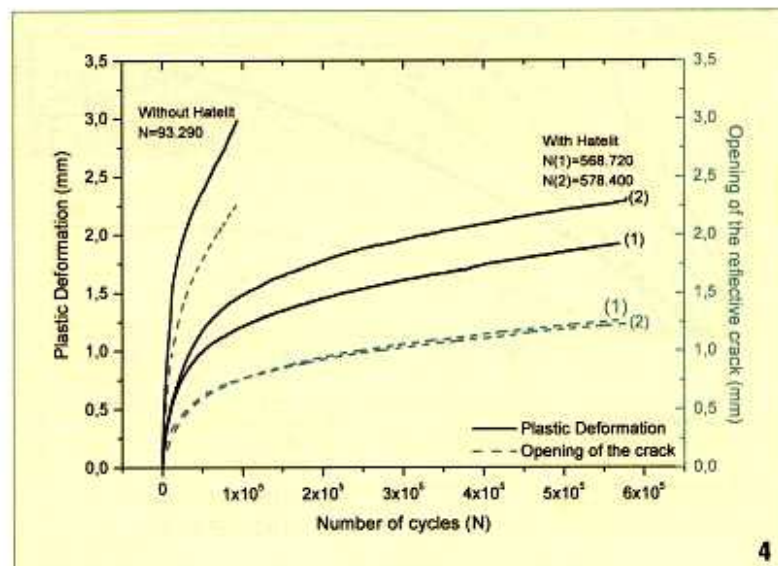
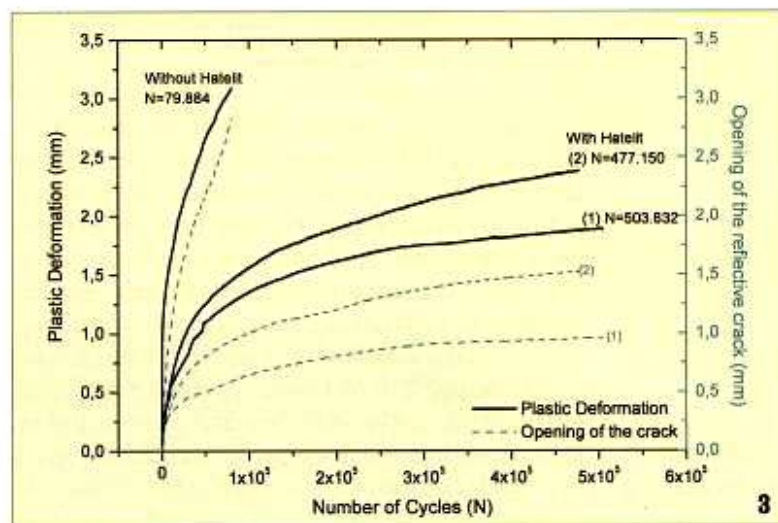
glia composta in fibre di poliestere ad elevato modulo con rivestimento bituminoso) la propagazione della fessura fino alla sommità del provino è avvenuta molto più lentamente rispetto ai provini non rinforzati. Nei conglomerati bituminosi rinforzati con l'HaTelit® C è stato necessario un numero di cicli di carico fino a 6,1 volte maggiore prima che la fessura raggiungesse la superficie del provino. Anche la distribuzione del quadro fessurativo mostra chiaramente come il rinforzo assorbe e ripartisce gli sforzi di trazione presenti.

In una fase successiva del programma di ricerca, è stato analizzato il comportamento di differenti materiali di rinforzo dei conglomerati bituminosi, sollecitando i provini rinforzati sia a flessione che a taglio. Da queste prove è emerso che la sollecitazione più gravosa, che causa cioè una più rapida diffusione delle fessure, è il taglio.

Nelle figure 3 e 4 sono riportati i risultati di due tra le numerose prove di fatica alla flessione ed al taglio effettuate sia su campioni rinforzati che non rinforzati.

**2.1, 2.2, 2.3.**  
Prove dinamiche di flessione e taglio, ATI (Brasile)

**3.4.** Andamento delle prove di fatica su campioni rinforzati e non

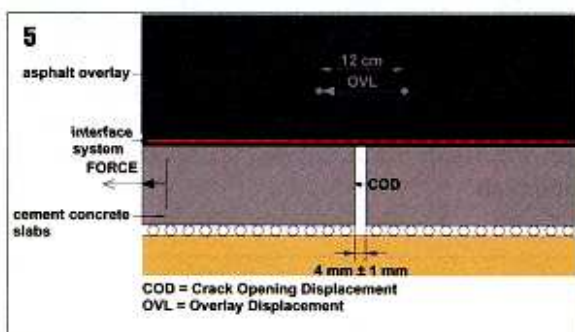


### ANALISI SULLA FESSURAZIONE TERMICA

Il centro di ricerca stradale Belga (OCW) ha ideato un'apparecchiatura di prova per la misurazione dell'efficacia degli elementi di rinforzo delle pavimentazioni bituminose, in particolare quando realizzate direttamente su lastre in calcestruzzo soggette a dilatazioni e contrazioni termiche (Vanelstraete e Francken, 1996).

Nei test effettuati presso il centro di ricerca (schematicamente rappresentati in fig. 5) i provini, costituiti da una base in calcestruzzo fessurata, un interstrato di rinforzo ed un ricoprimento in conglomerato bituminoso, sono stati sottoposti a cicli di apertura e chiusura della fessura, fino a che tale fessura si fosse propagata fino alla sommità dello strato bituminoso.

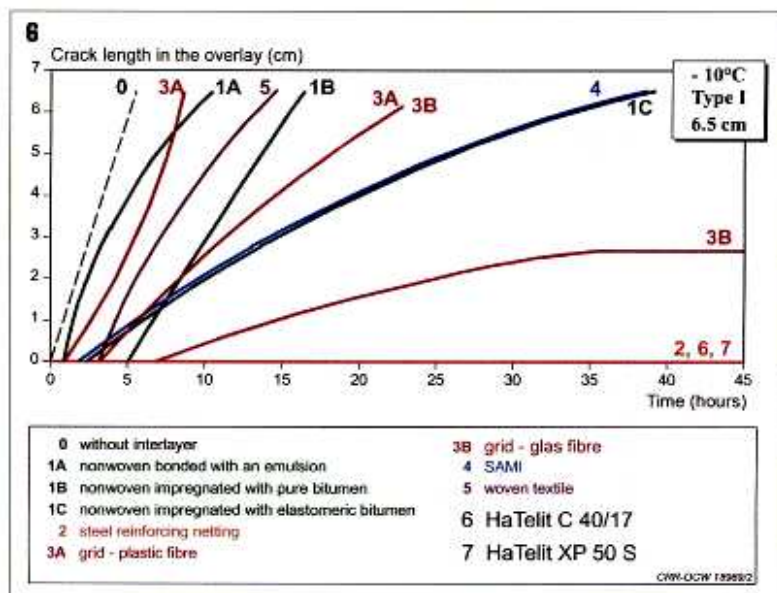
5. Schema dei test effettuati dal centro ricerche stradale belga



I provini vengono posti su un letto di sfere di acciaio, in modo che ci sia la possibilità di movimenti liberi nella direzione orizzontale. L'estremità destra della base in calcestruzzo è fissata ad una parete ed una forza ciclica viene applicata all'estremità sinistra. In ogni ciclo di carico l'ampiezza della fessura viene fatta variare di 1 mm ad una velocità molto ridotta, tipicamente pari a qualche decimo di millimetro all'ora.

Questo tipo di prova simula in maniera efficace l'effetto delle successive contrazioni ed espansioni di lastre in calcestruzzo dovute a variazioni termiche. In fig. 6 è riportato lo sviluppo verticale della fessura nello strato

6. Sviluppo verticale della fessurazione



bituminoso in funzione della durata della prova per i diversi materiali di rinforzo testati.

Dal grafico si nota che nei campioni rinforzati con la geogriglia HaTelit® la fessura viene "bloccata" e non riesce a svilupparsi nello strato di ricoprimento in conglomerato bituminoso. L'HaTelit® perciò si dimostra essere un efficace elemento di rinforzo delle pavimentazioni bituminose nei confronti delle problematiche di fessurazione indotta dalle variazioni di temperatura.

### PROVE DI TAGLIO

L'aderenza della griglia al conglomerato bituminoso riveste un ruolo fondamentale nell'efficacia del sistema di rinforzo. La trasmissione e la distribuzione degli sforzi di trazione possono infatti avvenire solamente se i due materiali si deformano assieme. Affinché si verifichi questo comportamento, l'adesione tra i due materiali deve essere tale da impedirne lo scorrimento relativo. Questa caratteristica potrebbe trovarsi in conflitto con la necessità di avere moduli elastici elevati, dato che quanto più rigido è il rinforzo più difficile è garantire l'aderenza con il conglomerato bituminoso, data la natura termoplastica ed il comportamento viscoelastico dello stesso. Quindi, unificando i due criteri, il rinforzo dovrà avere un modulo elastico "compatibile" con quello del conglomerato bituminoso: dovrà cioè avere un modulo elastico elevato purché l'aderenza sia in grado d'impedire lo scorrimento relativo tra i due materiali. La scelta del poliestere come materia prima è dovuta proprio alla compatibilità del suo modulo elastico con quello del conglomerato bituminoso.

Un modo efficace di quantificare e controllare l'effettiva aderenza ottenuta tra strati di conglomerato bituminoso con o senza elementi di rinforzo, consiste nel realizzare specifiche prove di taglio (DIN 1996 T7) su carote di 150 mm di diametro prelevate direttamente dalle pavimentazioni realizzate. A tal proposito la normativa stradale tedesca (ZTV Stra 91/Erg 96) impone che la resistenza al taglio tra binder e tappeto, con o senza rinforzo, sia di almeno 15 kN. Prove effettuate su carote rinforzate con l'HaTelit® hanno evidenziato che la presenza della griglia di rinforzo non riduce il legame tra il nuovo strato bituminoso e la vecchia sovrastruttura.

La tabella che segue mostra i risultati di prove effettuate su carote prelevate durante le operazioni di riassetto di un aeroporto in Germania (Jagel). La superficie scarificata era stata spruzzata con 0,5 kg/m<sup>2</sup> di emulsione bituminosa U 70 K prima della posa dell'HaTelit® C 40/17 e di un tappeto di usura dello spessore variabile tra 4 e 6 cm. I lavori sono stati effettuati nel 1998 e ancora oggi la superficie si presenta in buone condizioni sotto ogni punto di vista.

Carota n°	Descrizione	Resistenza al taglio [kN]
1	HaTelit® C 40/17	36.42
2	Campione non rinforzato	30.17
3	HaTelit® C 40/17	37.48
4	HaTelit® C 40/17	36.72

La resistenza a taglio ottenuta nelle prove è molto elevata in tutte le carote prelevate e risulta ancora maggiore nei campioni rinforzati rispetto al campione non rinforzato. Tuttavia non si può asserire che la presenza dell'HaTelit® C 40/17 aumenti l'adesione tra gli strati, ma è evidente che il legame tra vecchia e nuova pavimentazione bituminosa non viene assolutamente ridotto.

### ESEMPIO DI REALIZZAZIONE IN CONDIZIONI "ESTREME"

Il cantiere di seguito presentato è uno dei tanti esempi raccolti in 35 anni di esperienza che indica come le geogriglie HaTelit® forniscano un valido ed efficace rinforzo per le pavimentazioni bituminose.

Il cantiere in esame è una strada molto trafficata presso Rosendahl, nel Nord Ovest della Germania. La pavimentazione si presentava non solo con fessurazioni "a pelle di cocodrillo", ma anche con ampie fessure in direzione sia longitudinale che trasversale. La soluzione originale prevedeva solamente una fresatura superficiale di circa 5 cm e la posa di un nuovo tappeto di usura dello stesso spessore (con una durata prevista della nuova pavimentazione di circa 2 anni), in quanto un intervento di risanamento dell'intera sovrastruttura stradale, ovvero la fresatura anche del *binder* e della base bituminosa ed il loro totale rifacimento sarebbe stato troppo oneroso.

La soluzione alternativa scelta è invece stata quella di posare l'HaTelit® direttamente sul *binder* fessurato, realizzando un tappeto di usura di 5 cm di spessore, in modo da aumentare gli intervalli tra successivi interventi di manutenzione senza l'obbligo di un totale rifacimento della sovrastruttura stradale, che

è stato quindi ridotto del 60%. Questo senza considerare i disagi per l'utenza quali code e incidenti dovuti alle deviazioni dalla viabilità su strade alternative, l'inquinamento e lo spreco di energia causati dai veicoli fermi a motore acceso ed anche il ripetuto impiego di materie prime (bitumi, inerti, ecc.) con il conseguente smaltimento dei materiali di risulta in discarica, che comportano ulteriori oneri non trascurabili.

### LE RICHIESTE PER UN ELEMENTO DI RINFORZO DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

L'adesione tra gli strati in conglomerato bituminoso come detto in precedenza è un fattore di importanza fondamentale nella riuscita di un intervento di manutenzione stradale; bassi valori di adesione possono essere la causa della formazione di un piano di distacco tra gli strati di conglomerato bituminoso, non solo in fase di esercizio ma anche già durante le fasi di ricoprimento e compattazione.

Una buona aderenza della griglia alla mano d'attacco durante la posa è molto importante: ciò impedisce il danneggiamento della stessa da parte dei mezzi che devono circolare sopra, evitando così sia l'alterazione dei presupposti teorici per il corretto funzionamento del sistema sia ritardi nell'esecuzione dei lavori.

Da ricerche effettuate da De Bondt (1999) hanno emerso che l'HaTelit®, grazie al suo uniforme rivestimento bituminoso, è il materiale, tra quelli testati, che presenta il più alto valore di aderenza con il conglomerato bituminoso e che quindi garantisce un migliore risultato fin dalle fasi di posa (fig. 9).



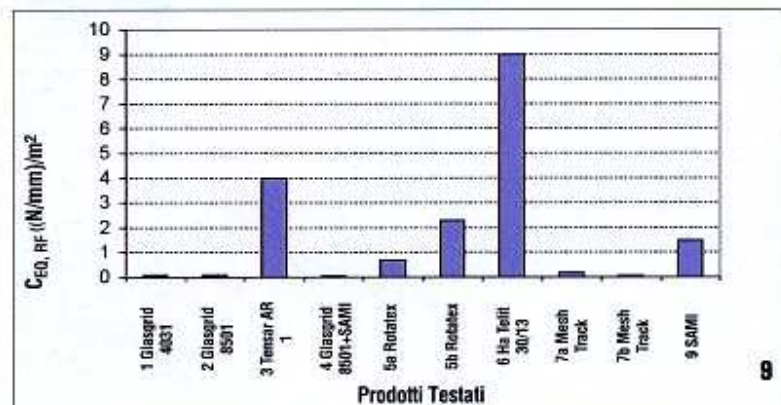
7. Superficie dopo la fresatura

8. Fasi di posa

9. Risultati delle prove di resistenza allo sfilamento

avrebbe inoltre causato la chiusura totale della strada per un periodo prolungato.

Il lavoro è stato eseguito nel 1996 e, sebbene le fasi di posa fossero state problematiche viste le pessime condizioni della superficie di posa, quindi con il rischio di una limitata aderenza tra vecchia e nuova pavimentazione, ad oggi la strada risulta essere in perfette condizioni. La vita della pavimentazione è quindi aumentata dai 2 anni previsti in fase di progetto ad oltre 10 anni con un incremento del 500%. Se si considera che il costo iniziale dell'intervento con la geogriglia HaTelit® è stato circa il doppio rispetto all'intervento tradizionale, il costo annuo di manutenzione



10. Finitrice che transita direttamente sull'HaTeliit® C 40/17

11. Camion che transita direttamente sull'HaTeliit® C 40/17



12. Fresatura della pavimentazione in conglomerato bituminoso

13. Fresatrice



### FRESATURA DI CONGLOMERATI BITUMINOSI RINFORZATI

Al termine della vita utile di una pavimentazione bituminosa, una griglia di rinforzo in poliestere può facilmente venire fresata con la pavimentazione stessa (Schniering, Thureau, 1992). Le macchine fresatrici più potenti raggiungono circa il 90% della normale velocità di fresatura di uno strato di asfalto non rinforzato, ma anche piccoli macchinari, come dimostrato da specifici test effettuati su sezioni di prova nel 2004, riescono a effettuare le operazioni di fresatura con continuità a velocità accettabili, seppur ridotte.

### RIUTILIZZO DI CONGLOMERATI BITUMINOSI RINFORZATI

Il materiale derivante dalla fresatura di pavimentazioni rinforzate con geogriglie in poliestere può essere riutilizzato per nuove pavimentazioni bituminose senza alcuna diminuzione di qualità. Tale materiale soddisfa pienamente le caratteristiche richieste per quanto riguarda la composizione e le proprietà chimico-fisiche degli aggregati per la realizzazione di nuove pavimentazioni bituminose (Damisch, Kirschner, 1994).

### CONCLUSIONI

Numerose indagini effettuate in diversi laboratori, ma soprattutto più di 35 anni di esperienza "sul campo" hanno dimostrato che il rinforzo di pavimentazioni in conglomerato bituminoso rinforzate con la geogriglia HaTeliit® forniscono una efficace, economica e più duratura alternativa rispetto ai tradizionali interventi di ripristino. ■