<u>Riciclaggio a freddo in situ</u>:

una tecnica sostenibile per la valorizzazione dei materiali stradali esistenti



Roma 16/11/2026

Marco Garofalo
Bomag Italia

Il recupero dei materiali stradali esistenti non è certo un concetto nuovo

Del resto la rete stradale rappresenta un grande capitale pubblico che apporta un contributo importante allo sviluppo e alla crescita economica e offre benefici sociali; la sua manutenzione è (o dovrebbe essere) tra gli obiettivi prioritari.

In questo senso più strettamente economico il concetto di *«road reclamation»* moderno nasce negli USA e Canada (Ontario) alla metà degli anni 70

Ci sono due passaggi chiave, uno ben noto e ampio di valenza economica, l'altro meramente tecnico ma fondamentale

- la crisi petrolifera anni '70
- lo sviluppo e l'introduzione su larga scala di frese a freddo alla fine degli anni 70 con utensili facilmente sostituibili

"....It was also hoped that the cold recycling process would provide secondary benefits by reducing fuel consumption and conserving natural resources, namely aggregates and asphalt...."

"...The recycling treatment would produce significant savings in energy, cost and conservation of natural resources when compared with the alternate method.."



Stabilization of pulverized pavement with CMS-2 asphalt emulsion utilizing a Bomag MPH 100 stabilizing unit

TECHNICAL REPORT STANDARD TITLE PAGE

1. Report No.	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Cold Recycling Asphalt Pavement	January, 1979
	6. Performing Organization Code
7. Author(s) Ronald I. Frascoia, Donald N. Onusseit	8. Performing Organization Report No. 79-1
9. Performing Organization Name and Address: Vermont Agency of Transportation, Materials & Research Division, State Admin. Building, 133 State Street, Montpelier, Vermont 05602	10. Work Unit No.
	11. Contract or Grant No. DOT-FH-15-305
12. Sponsoring Agency Name and Address: Federal Highway Administration, Region 15, 1000 North Glebe Road, Arlington, Virginia 22201	13. Type of Report and Period Covered: Initial Report, Construction Phase Oct., 1978
	14. Sponsoring Agency Code

15. Supplementary Notes

FHWA Contract Manager, Mr. Douglas J. Brown

16. Abstract

1.5 miles of US Rte. 4 in the Town of Sherburne, Vermont was selected for cold recycling due to a high degree of distress in the existing bituminous concrete pavement. The pavement was pulverized to a four inch depth with a Barber-Greene RX-75 Dynaplane and the material was stabilized with up to 2.9 percent CMS-2 asphalt emulsion using a Koehring Bomag MPH 100 stabilizing unit. The stabilized base course was overlaid with (2) one inch lifts of Type III Bituminous Pavement. The standard maintenance rehabilitation procedure of overlaying the existing pavement was carried out on an adjacent 0.7 mile section of roadway to be considered the control section.

The initial report includes detailed construction records and energy and cost comparisons between the cold recycling process, the standard maintenance procedure, and the estimated cost of removal and replacement of a portion of the base pavement and the riding surface.

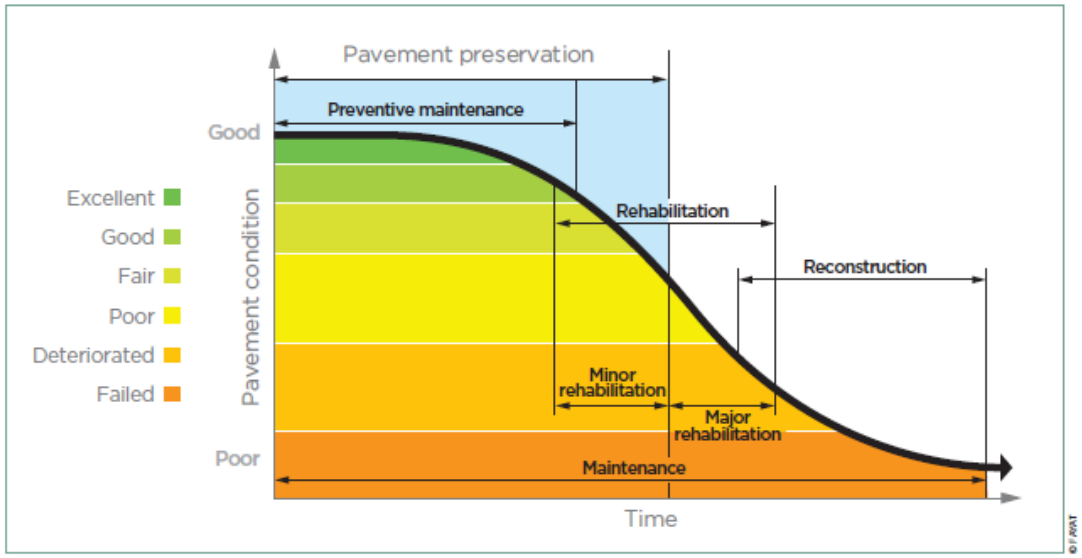
Based upon initial observations and test results to date, the procedure and equipment used appears to be practical from the stand point of construction feasibility, conservation of natural resources and end product obtained. A reduction in future maintenance will be required on the recycled section in order to justify the higher cost and amount of energy consumed using the cold recycling procedure when compared with the standard pavement maintenance-rehabilitation procedure.

17. Key Words	18. Distribution Statement		
Cold Recycling, Pulverized, Asphalt Emulsion, Stabilized Base Course, Rehabilitation, Energy	No restrictions		
19. Security Classif. (of this report)	20. Security Classif. (of this page)	21. No. of Pages	22. Price
Unclassified	Unclassified		

Form DOT F 1700.7 (8-69)

Tecnica quindi ben nota e matura; ma che si presta a essere reinterpretata

Le premesse tecniche non sono mutate. Se non si interviene con i giusti metodi nelle diverse fasi, si possono rendere necessari importanti e molto più onerosi interventi di ripristino in tempi più brevi del previsto.

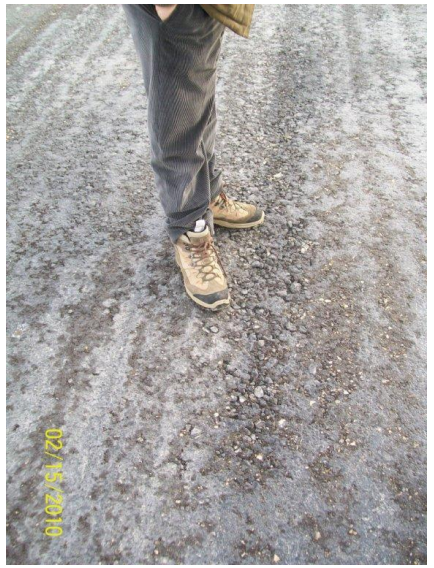


La stessa tecnica ha però oggi anche una **valenza in termini di sostenibilità**. Ed è una tecnica di grande versatilità se ne apprezza però il perimetro tecnico-logistico di applicazione. **E qui occorre uno sguardo alla tecnologia disponibile e alla potenzialità di impiego**

Le diverse tipologie di riciclaggio

	RECYCLING IN PLANT		RECYCLING IN PLACE	
	Hot recycling in plant	Cold recycling in plant	Hot recycling in place	Cold recycling in place
Type of road	Highways national and federal roads, city roads	Base course of heavy	Highways and national roads	Low to medium trafficked roads, local country and national roads, all type of roads in developing countries
Pavement distress types	Asphalt pavement surface, defects, deformation, cracks, pothole	Asphalt pavement or concrete pavement structural defects	Asphalt pavement surface defects, rutting, shoving, bleeding, raveling	Asphalt structural defects, alligator cracking, heavy rutting, potholes
Application	All type of asphalt layers	Base course material, concrete pavement	Only asphalt surface layer	All asphalt pavement structure plus part of unbound layer below
Use of rap for / as		Asphalt base and unbound layers	Only asphalt surface layer	Mainly bound base course
Quality	Very high	High to very high depending on RAP pre-processing	Moderate to high depending on equipment and experience of team	Moderate to high depending on equipment and experience of team
Efficiency	Moderate to high	Moderate to high	High	High
Energy savings compared to traditional method	Moderate to high	High to very high	Very high	Very high, no transportation of virgin material
CO_2 emission reduction	Moderate to high	High to very high	High to very high	Very high
FAYAT solution	Various Marini - Ermont plant	Various SAE plant	This technology is no longer pursued for environmental reasons	Bomag RS equipment

Ci sono limiti operativi, anche climatici



I diversi approcci, nel tempo e nei diversi Paesi

L'Italia ha conosciuto un grande sviluppo delle applicazioni, nella ricerca ed e' stata tra i Paesi trainanti per la tecnologia. Prime esperienze nei primi anni '80 (a *multi unità),* affermazione del metodo attuale (a *unità singola*) a cavallo 1990/2000, consolidamento tecnico e di mercato negli ultimi 20 anni; tecnica dunque ormai accettata e matura. Non ci sarebbe di per sè molto da aggiungere.
Ma è utilizzata in tutto il suo potenziale?

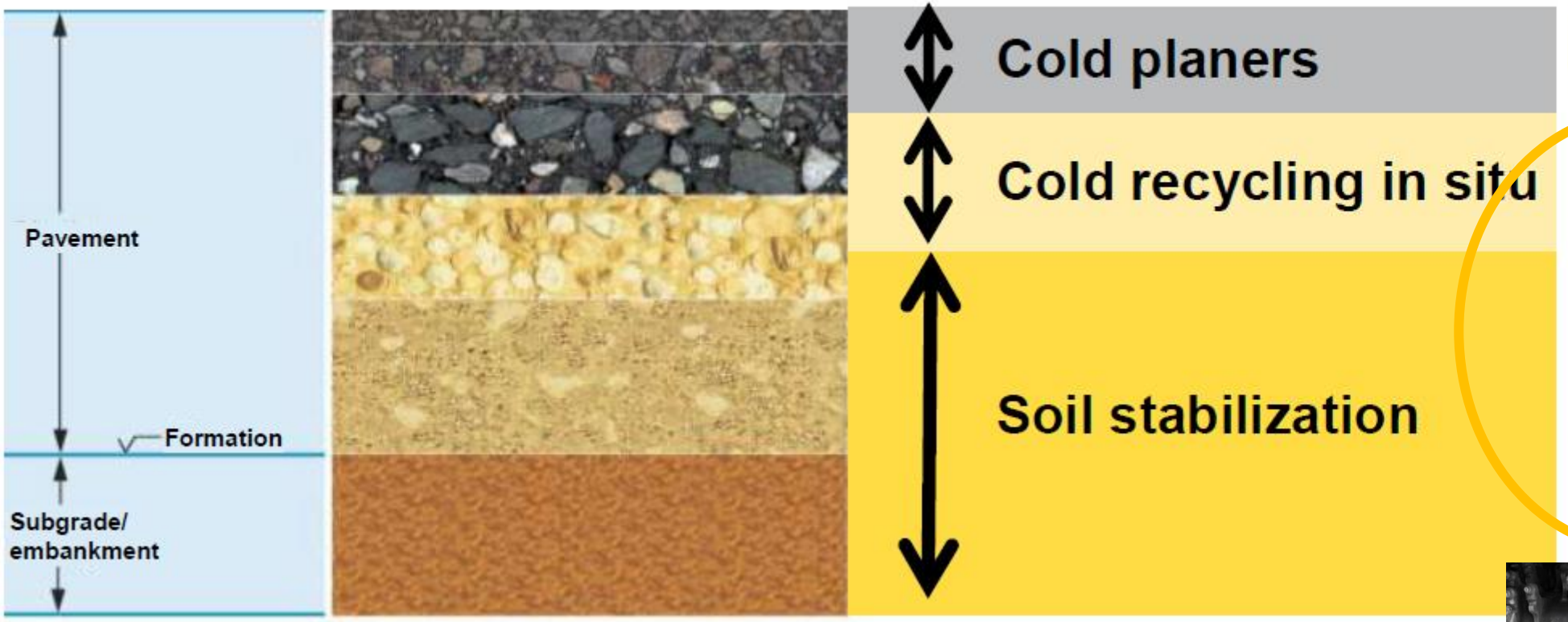
Per il riciclaggio a freddo si trovano definizoni varie, la maggior parte confinano però la tecnica al recupero dei soli materiali bituminosi, e così furono le prime esperienze; anche perchè limitate nella profondità da aspetti tecnici.

Una definzione diffusa *:"col termine "riciclare" si intende qualsiasi possibilità di recuperare e riutilizzare il materiale fresato, per la produzione di nuovo conglomerato bituminoso"*

Guardando il tema del riciclaggio *in situ,* da un punto di vista operativo e dell'esperienza internazionale potremmo forse recuperare il lessico tecnico americano che introduce una distinzione in parte più chiara:
riutilizzo dei materiali del pacchetto bituminoso (CIR) e eventualmente di parte della fondazione (FDR) in situ a freddo e senza riscaldamento preventivo dell'aggregato per il recupero dello strato interessato.

"*Although often referred to as* **"full-depth reclamation", *this process is just an extension of the basic CIR*** *principles to the entire HMA pavement depth plus a predetermined depth of the base material. FDR can be used to depths of 300 mm (12 inches) or more but the most typical applications involve depths of between 150 and 225 mm (6 and 9 inches)"*

Perché lo sviluppo delle macchine ha reso possibile ampliare il campo di applicazione

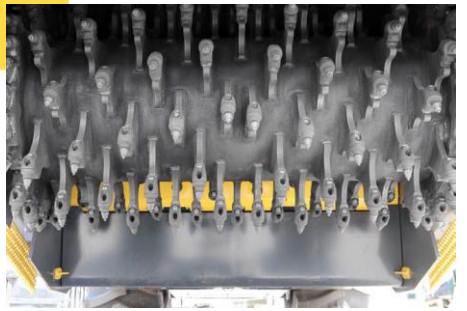












In alcune realtà il sistema è molto utilizzato anche in zone urbane nonostante le implicite difficoltà



Bitume schiumato e cemento (Sudafrica)



Esempio di lavori propedeutici alla lavorazione

Cambiamento della tecnologia *in situ* attraverso lo sviluppo delle macchine riciclatrici attuali negli anni 90



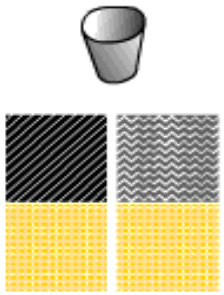
I treni ad **unità riciclatrice singola** (rispetto ai primi treni «multi-unità») ad alta profondità hanno semplificato il processo e la logistica, con la iniezione di legante bituminoso all'interno della stessa camera di miscelazione ampliando moltissimo le possibilità di intervento



I PROCESSI BASE che consentono le macchine

Avvengono generalmente insieme ma concepibili anche <u>singolarmente</u>

Acqua



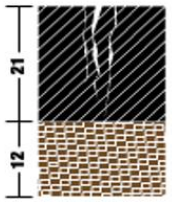
Leganti
(bit/cem. anche in forma di boiacca)



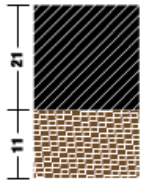
Integrazione granulometrica



ESEMPIO DI CANTIERE reale



PAVIMENTAZIONE AMMALORATA ESISTENTE

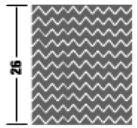


ASPORTAZIONE DELLO STRATO SUPERIORE



MISCELAZIONE E STABILIZZAZIONE IN SITO DEL MATERIALE ESISTENTE





POSA DELLO STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Da un punto di vista applicativo parliamo quindi della possibilità di recupero di qualsiasi materiale (non solo da c.b.) esistente

INTERVENTI IN SITU

Fatte salve alcune macchine speciali derivate da frese (dedicate al CIR) in generale per FDR/CIR si utilizzano le stesse macchine (eventualmente con diverse configurazioni) per applicazioni molto diverse tra loro che nella accezione pratica di cantiere corrente sono.

1) **Stabilizzatrici**: se impiegate in recupero e miglioramento prestazionale di terre

2) **Riciclatrici a freddo**: se impiegate per il recupero del fresato ed eventualmente di una parte della fondazione senza riscaldamento preventivo

Le macchine (di identica architettura) sono perciò definite attualmente sul mercato come **Stab**(ilizers)/**Rec**(yclers) (si suggerisce di abbandonare definitivamente il termine *Pulvimixer* ancora in qualche capitolato)

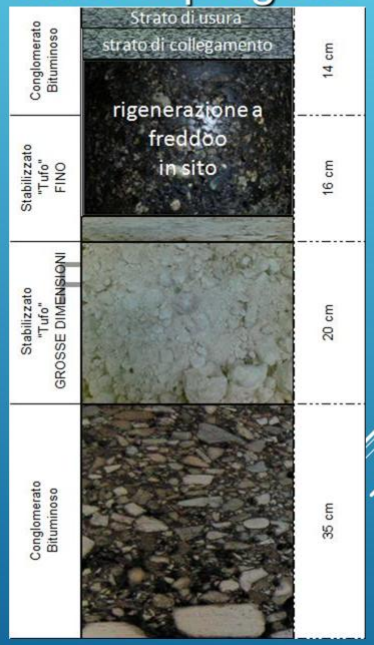
Esempi di riciclaggio profondo

Un esempio : BRINDISI-TARANTO

Stato di fatto

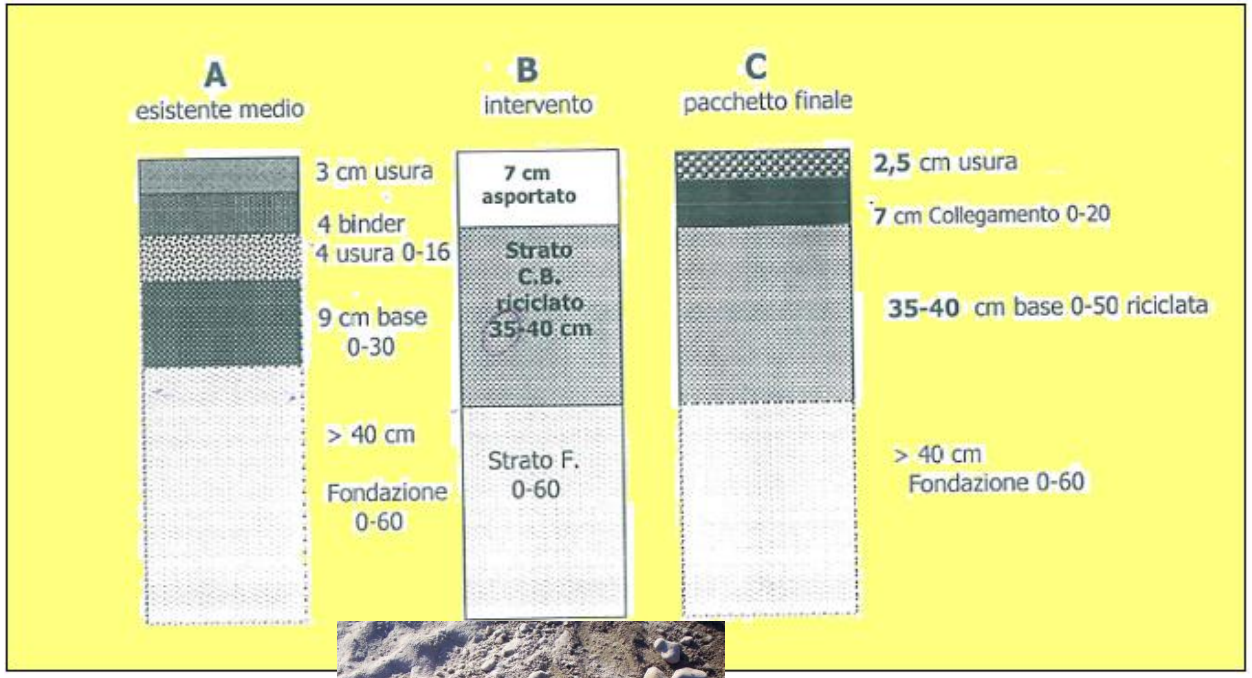


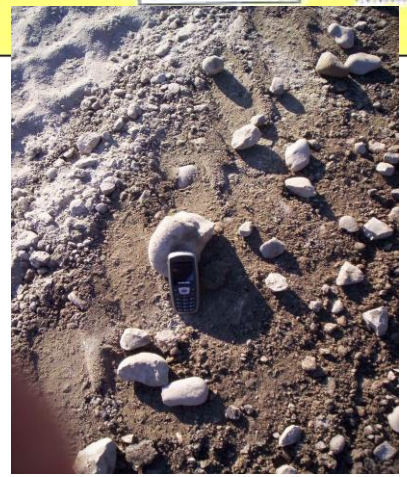
Stato di progetto



4

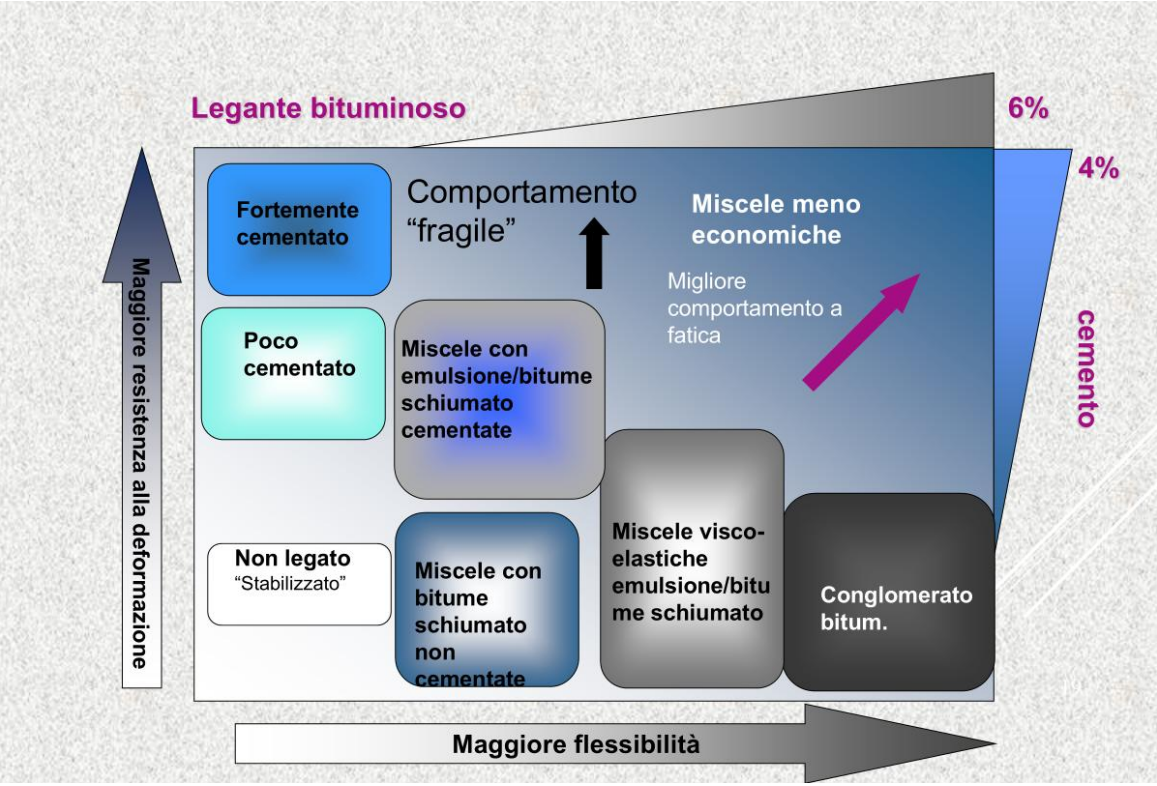
Anas S.S.650 - Vasto



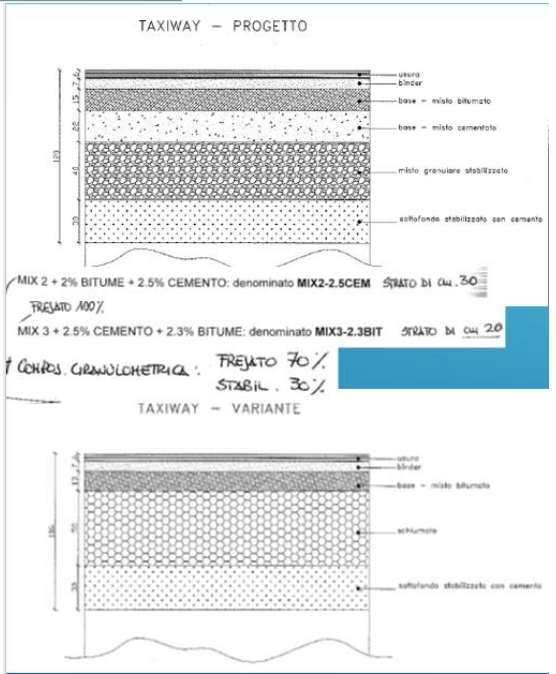


Che tipo di materiale si può produrre dal punto di vista prestazionale?

Sostanzialmente una vasta gamma di material fino a ibridi che possono essere «modulati» nelle caratteristiche prestazionali in base alle esigenze progettuali. Da qui la **versatilità di applicazione**



Most commonly used binders and its typical properties/ requirements	Cement	Bitumen emulsion	Foam bitumen
Important properties	Portland Cement CEM 32,5 MPa	Cationic emulsion Setting time > 60 min	5 – 50
Strength characteristics	compressive strength	Cohesive strength, flexural strength	
	high initial strength improved structural capacity works with a wide range of existing materials	Flexible very good fatigue resistance Not prone to cracking	
Typical strength requirement	Unconfined compressive strength (UCS) 1,5 – 4 ,0 MPa after 7 days	Indirect tensile strength (ITS) 0,2 – 0,4 MPa after 7 days	Indirect tensile strength (ITS) 0,2 – 0,4 MPa after 7 days
Typical binder content	2,0 – 5,0%	2,5- 4,0%	2,5- 4,0%
Type of road	low to medium traffic	medium to high traffic	medium to high traffic
Binder temperature	≥ 5° C	depending on type of emulsion 20 – 60° C	160 – 180° C



I campi delle possibili applicazioni sono molti, dalla viabilità principale a quella locale

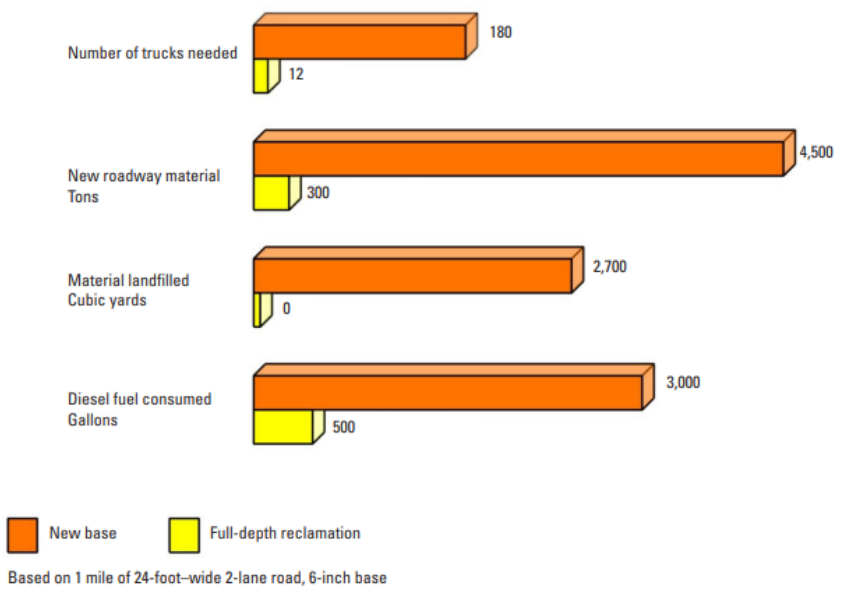




Applicazione della RS 300 per la riabilitazione di una strada forestale nella zona della Foresta Nera, dove la macchina è stata utilizzata per la frantumazione del pacchetto bituminoso esistente e della fondazione. In 4 ore sono stati fresati e miscelati 800 m di strada

Per concludere, i palesi vantaggi del metodo

Type of Road	Road problem	FDR solution	Environmental benefits
Low volumed road Parking lot with thin asphalt pavement	Cracks, deformation, no foundation defects	Pulverisation of, compaction and surface treatment	> No or only minimal use of virgin material > Almost no transportation of construction material > Minimal traffic disturbance > Less construction time > Less energy and carbon requirements for FDR construction process > Highest sustainability compared to conventional rehabilitation methods
Low to medium trafficked roads with stronger asphalt pavement (<15 cm)	Cracks, deformation, poor subbase condition	Pulverisation and blending of all asphalt layers including poor subbase, mixing of binding agent, compaction and new asphalt pavement	
Medium to heavy trafficked roads or highways with thick asphalt pavement	Cracks, deformation, poor subbase condition	FDR in combination with in plant recycling, milling of top asphalt pavement and recycling in plant, pulverization and stabilization in-place of lower asphalt pavement including subbase	



Guide to FDR 2019

1) Nessuno o minimo utilizzo di materiali vergini
2) Minimizzazione del trasporto (no materiali da/per il cantiere) e del relativo impatto su traffico e territorio
3) Ridotto disturbo del flusso del traffico
4) Riduzione di dispendio energetico e conseguenti emissioni (fino al 90%)
5) Riduzione dei costi di progetto dal (ordine di grandezza 30-50%)
6) Massima sostenibilità rispetto ai metodi tradizionali
7) Nel caso di riciclaggio profondo possibilità di modificare la geometria
8) Significativo aumento delle capacità strutturali (soprattutto con FDR)
9) Elevate capacità produttive (ordine di grandezza 4000-6000 m2/giorno per grandi macchine con lavorazione 20 cm)


GRAZIE