

L'uso di geocompositi per il risanamento strutturale ecosostenibile di lunga durata delle pavimentazioni

PROF. ING. FRANCESCO CANESTRARI

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE – f.canestrari@univpm.it

PHD ING. ARIANNA STIMILLI

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE – a.stimilli@univpm.it

Sommario Presentazione

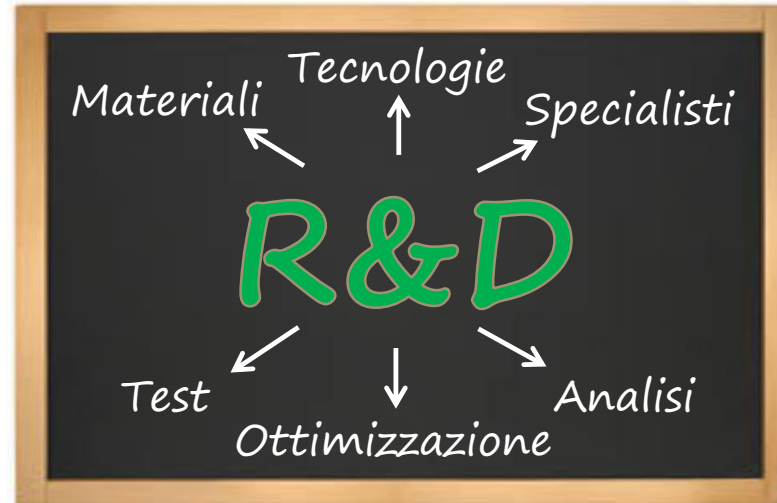
- **Parte 1: caratterizzazione meccanica avanzata**
 - Attività sperimentali
 - Sintesi risultati e sviluppi recenti

- **Parte 2: dimensionamento razionale di pavimentazioni rinforzate**
 - Criteri di verifica
 - Parametri di calcolo
 - Soluzioni progettuali
 - Ecosostenibilità

Parte 1

Caratterizzazione meccanica avanzata

Attività sperimentali



Fase 1

Studio di laboratorio

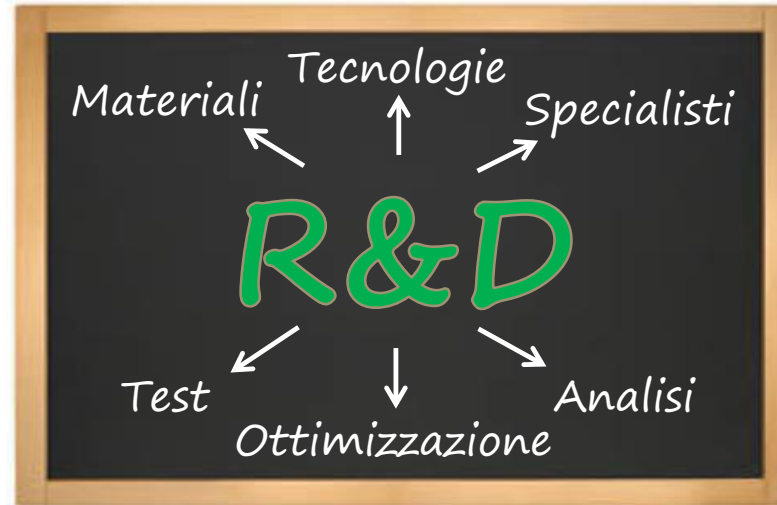
Valutazione prestazionale e sviluppo di geomembrane bituminose rinforzate con fibra di vetro per applicazioni stradali

2011-2013

VARIABILI ANALIZZATE:

- trattamento superficiale e mescola per il compound;
- tipologia di rinforzo (materiali e apertura maglie);
- posizione del rinforzo;
- tipologia di conglomerato (modificato e non);
- condizioni all'interfaccia.

Attività sperimentali



Fase 1
Studio di laboratorio

Valutazione prestazionale e sviluppo di geomembrane bituminose rinforzate con fibra di vetro per applicazioni stradali

2011-2013



Fase 2
Tronchi pilota

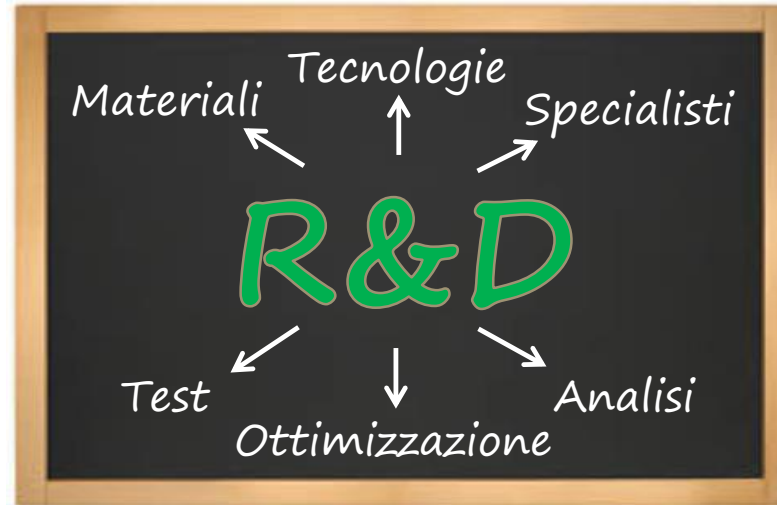
Installazioni aeroportuali e su strade urbane ed extra-urbane con elevati tenori di traffico (e.g. RA11, Verona, Falconara)

2013-2015



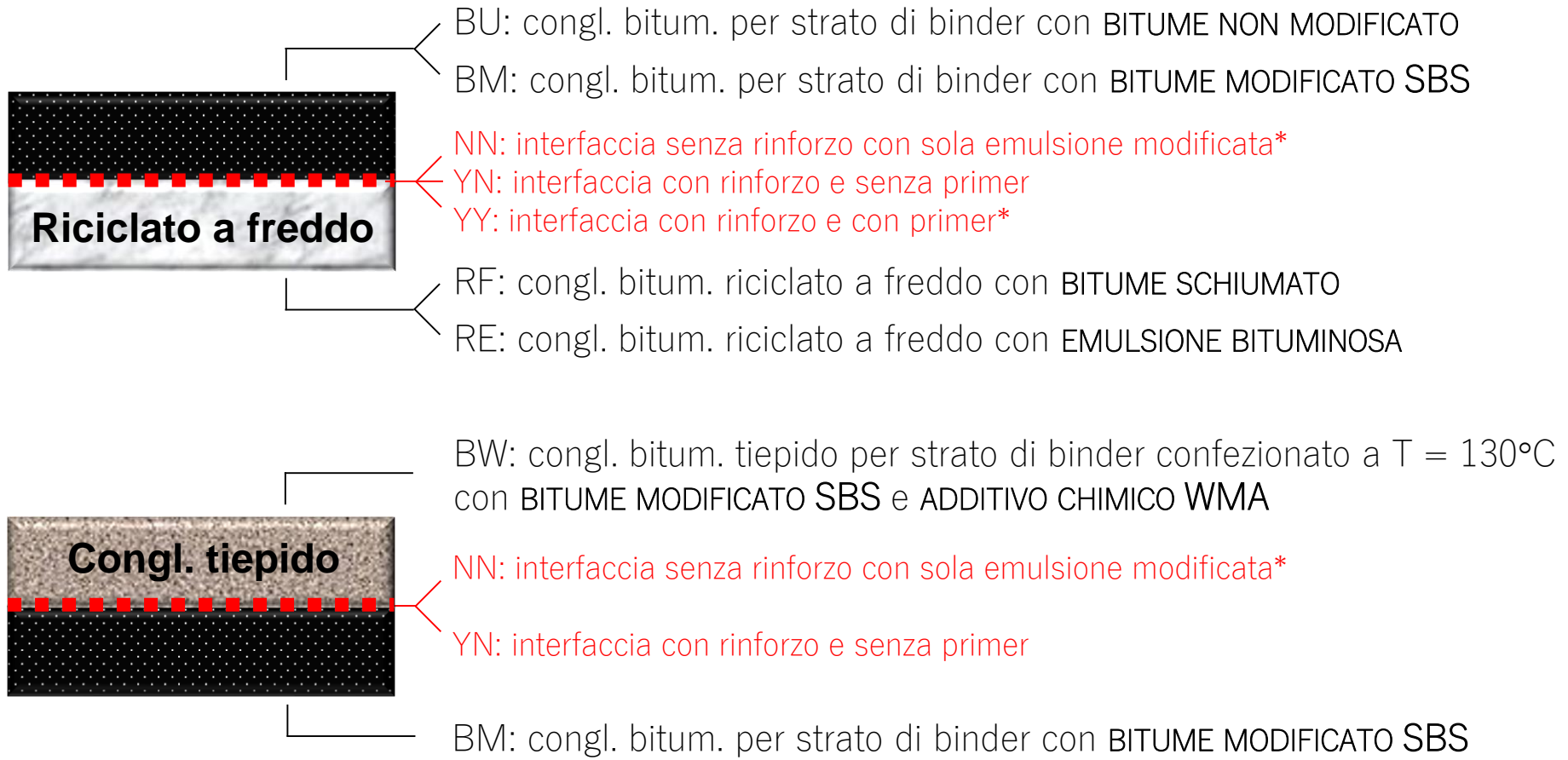
MONITORAGGIO DELLO STATO DI DEGRADO PROGRESSIVO SUBITO DALLA PAVIMENTAZIONE

Attività sperimentali: sviluppi recenti



Materiali - Fase 3

I materiali impiegati sono conformi alle miscele bituminose tipicamente previste nelle Norme Tecniche di Capitolato.

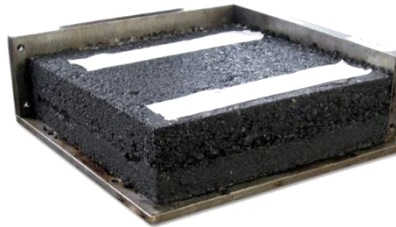
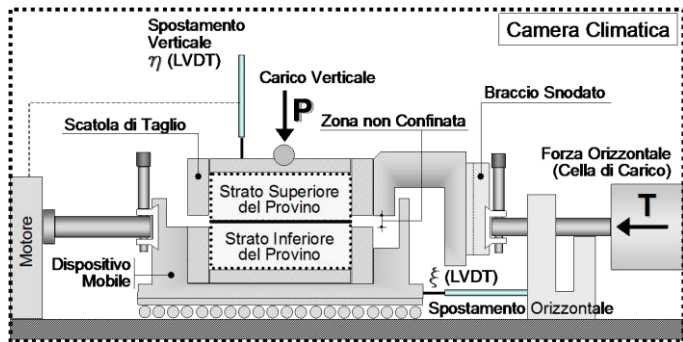


* Dosaggio emulsione modificata e primer: 0.15 kg/m² bitume residuo

Caratterizzazione meccanica avanzata

Taglio Interfaccia (UNI/TS 11214)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $v = 2.5\text{ mm/min}$; $\sigma = 0.2\text{ MPa}$



Roller Compactor
(UNI EN 12697-33)

Carichi ciclici flessionali (4PB)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $f = 1\text{ Hz}$



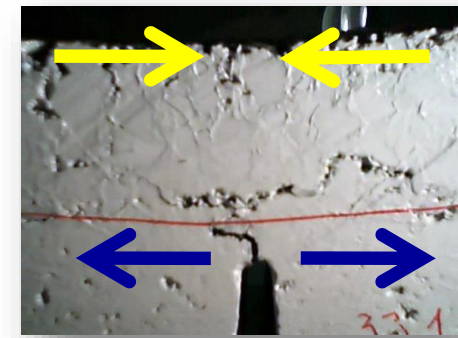
Flessione a rottura (3PB)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $v = 50.8\text{ mm/min}$



Fessurazione di Riflessione

$T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 660\text{ N}$; 21 cicli/min



Obiettivo

Caratterizzazione prestazionale di laboratorio

a taglio, flessione e fessurazione di sistemi bistrato rinforzati

+

Monitoraggio di tronchi sperimentali in esercizio



**parametri significativi ai fini del
dimensionamento delle pavimentazioni rinforzate
con geocompositi INDEX**

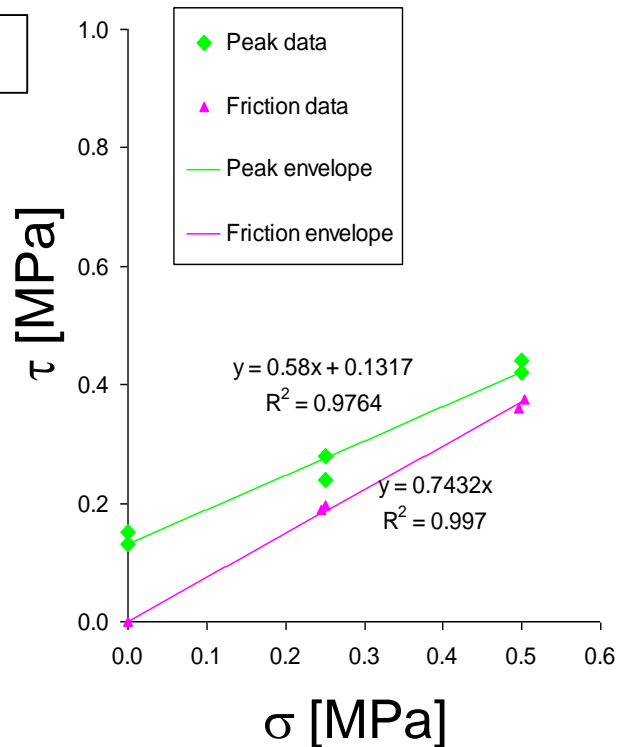
Caratterizzazione avanzata a taglio

Prestazioni a Taglio di Interfacce Rinforzate

Inviluppo di picco e di attrito

Parametri di resistenza

$T_{ref} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$



- ✓ Taglio puro $\rightarrow c_0$
- ✓ Angolo di attrito di picco Φ_p
- ✓ Angolo di attrito residuo Φ_{res}

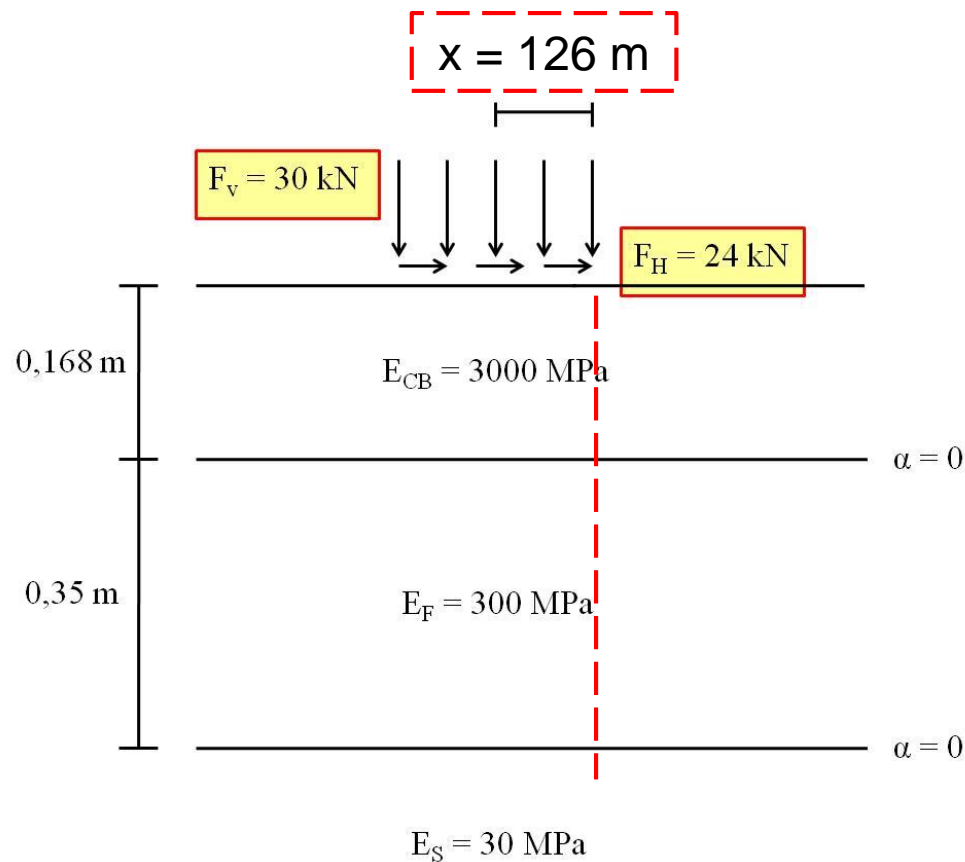
Leggi di resistenza

$$\tau_p = c_0 + \sigma \tan \phi_p$$

$$\tau_{res} = \sigma \tan \phi_{res}$$

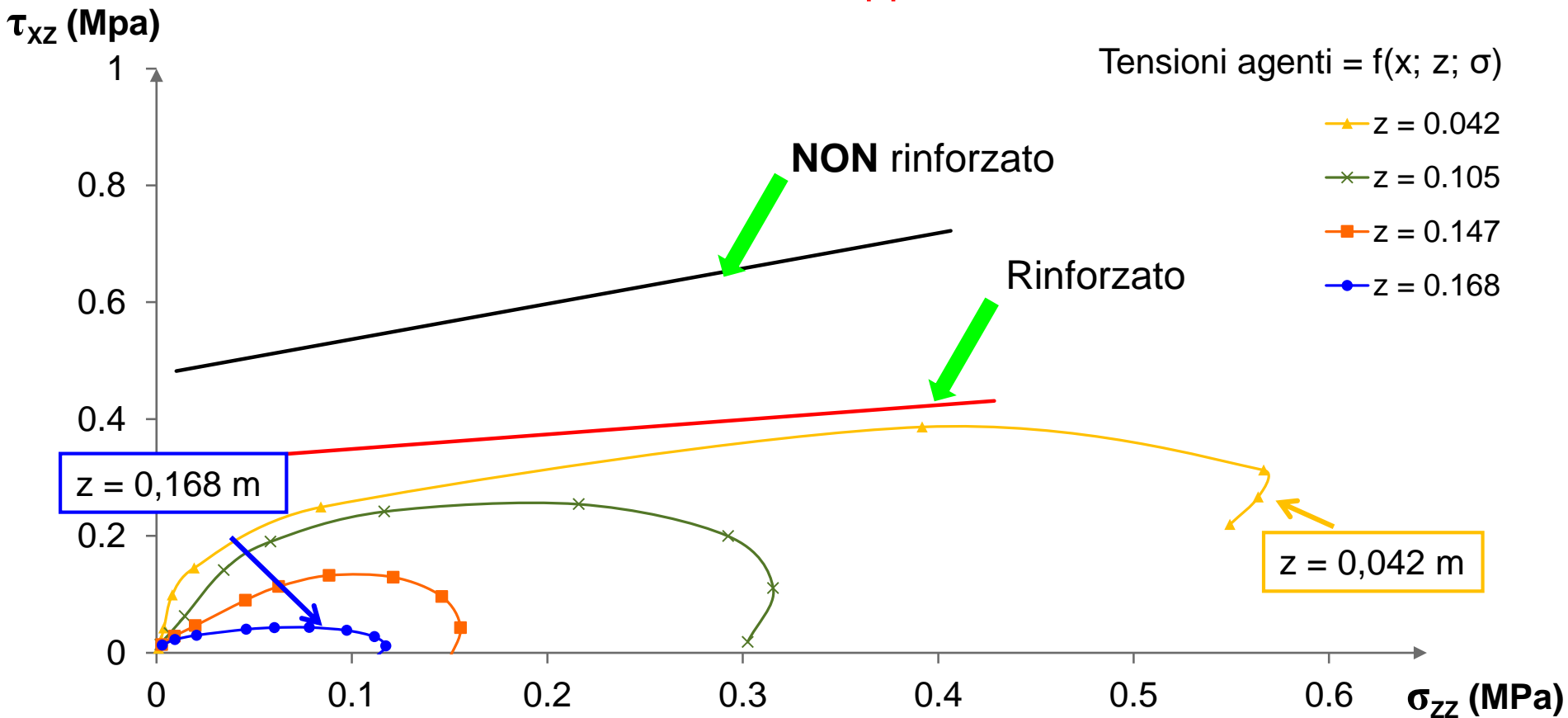
Caratterizzazione avanzata a taglio

Stato tensionale e involuppi di resistenza



Caratterizzazione avanzata a taglio

Stato tensionale e involuppi di resistenza



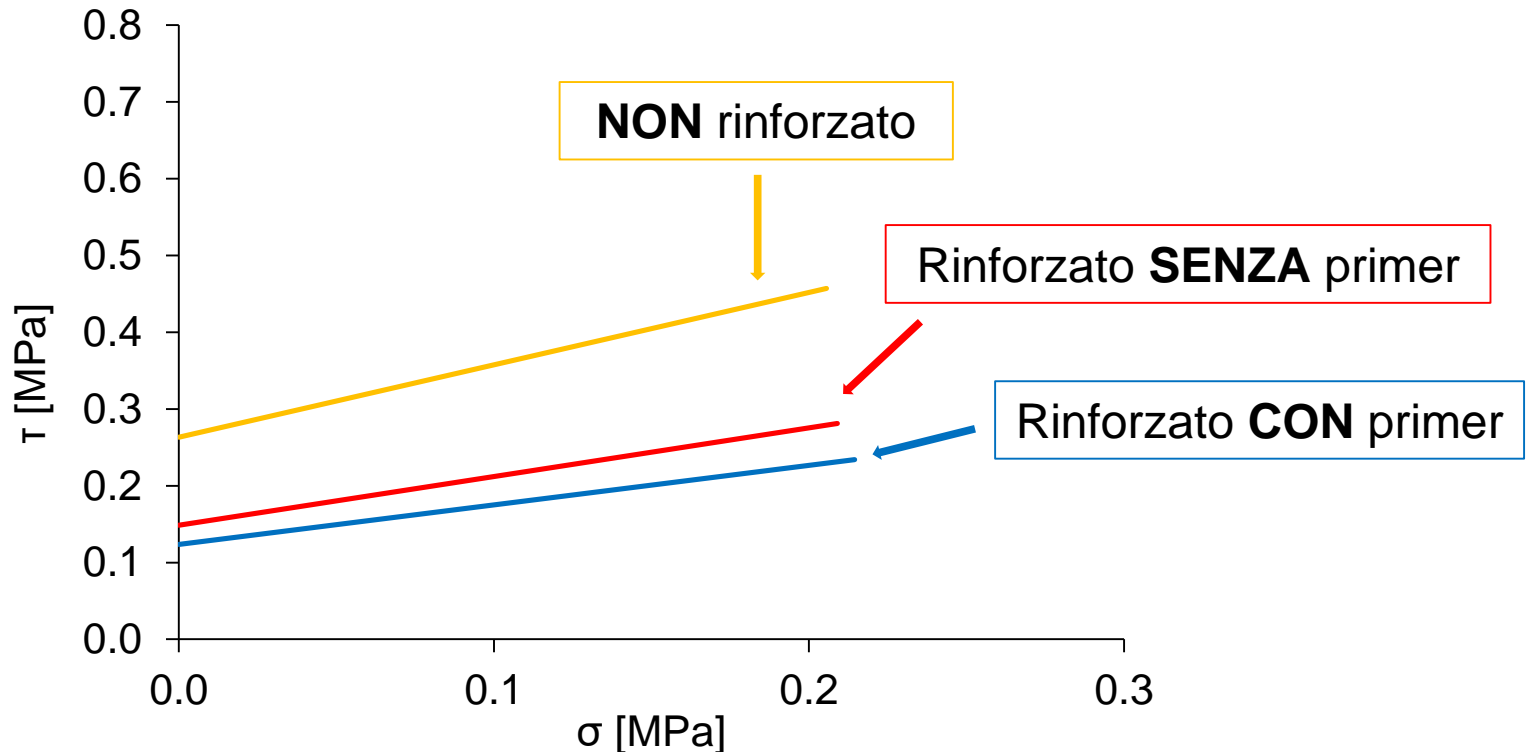
1. **Discontinuità** tra gli strati (resistenza a taglio funzione di T)

2. Evitare **installazioni superficiali** del geocomposito

3. Valutare il comportamento a taglio **in presenza di SFORZO NORMALE**

Caratterizzazione avanzata a taglio

Conglomerato a caldo modificato (HMA) + riciclato a freddo (CR)



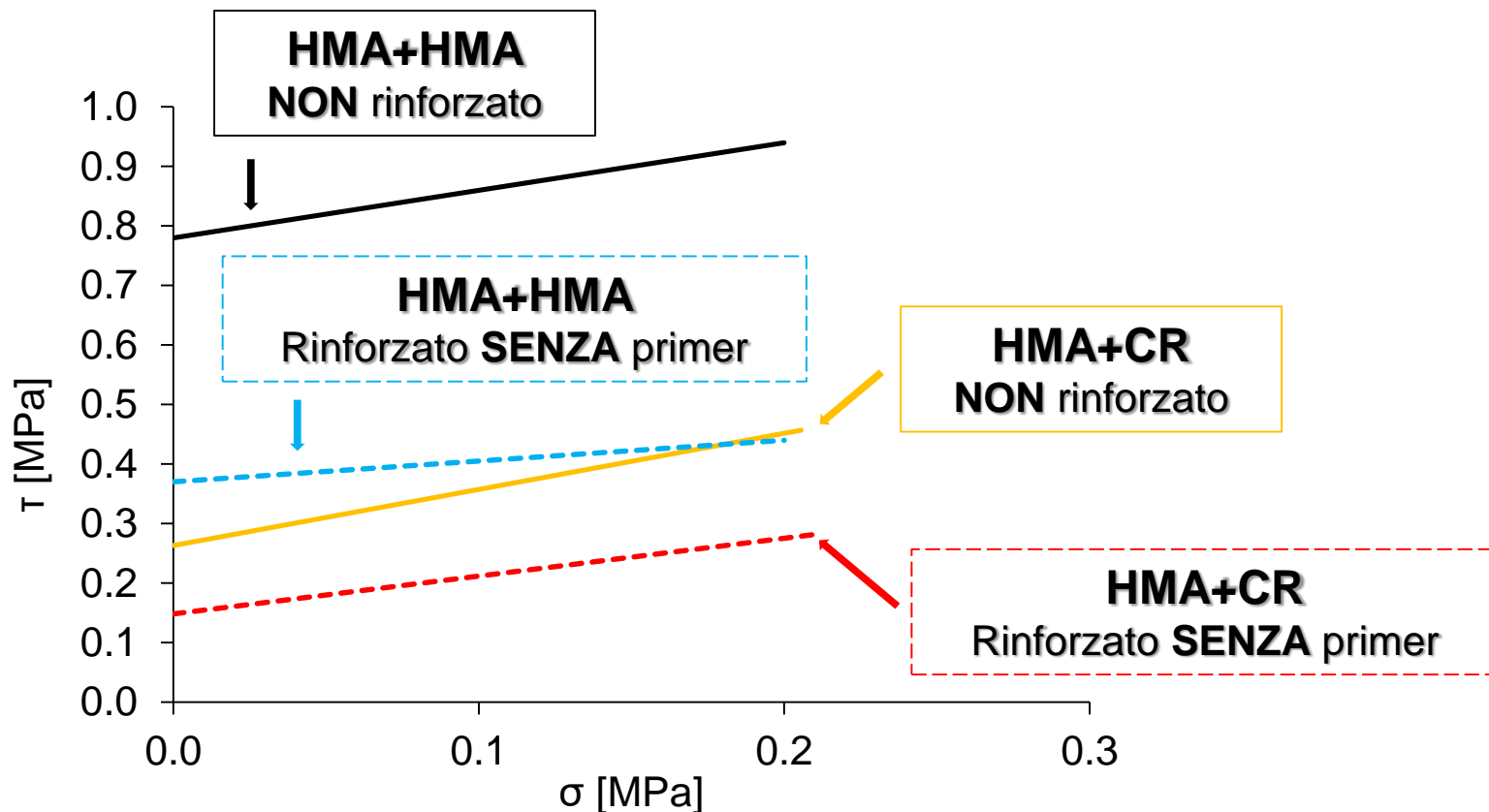
N.B.: discontinuità tra gli strati

Caratterizzazione avanzata a taglio

Congl. a caldo + Congl. a caldo

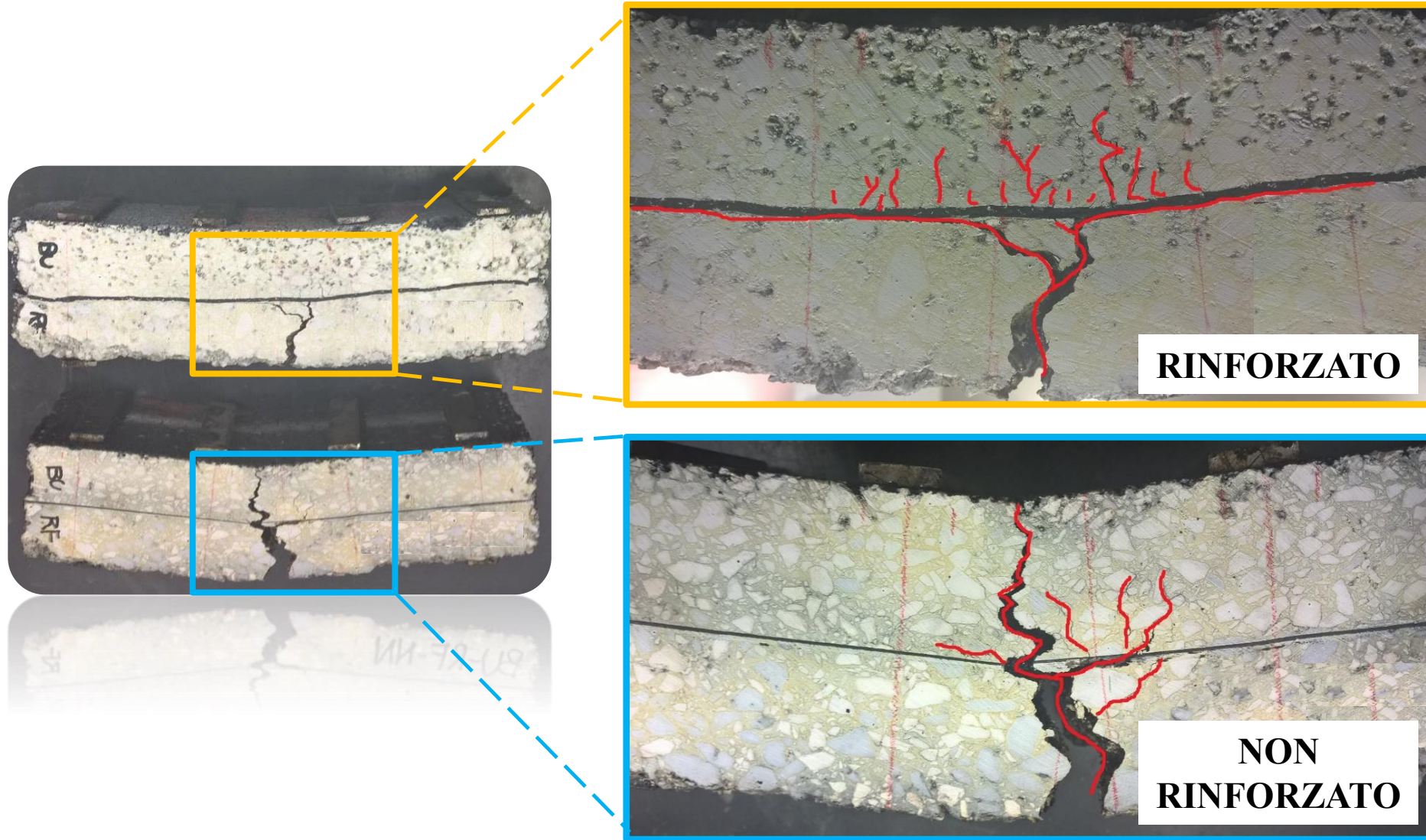
Vs

Congl. a caldo + ric. a freddo



**N.B.: STRATI IN CR COLLOCATI A MAGGIORE PROFONDITÀ (< TENSIONI)
Evitare installazioni superficiali specie in presenza di CR**

Caratterizzazione avanzata a flessione e ai carichi ciclici

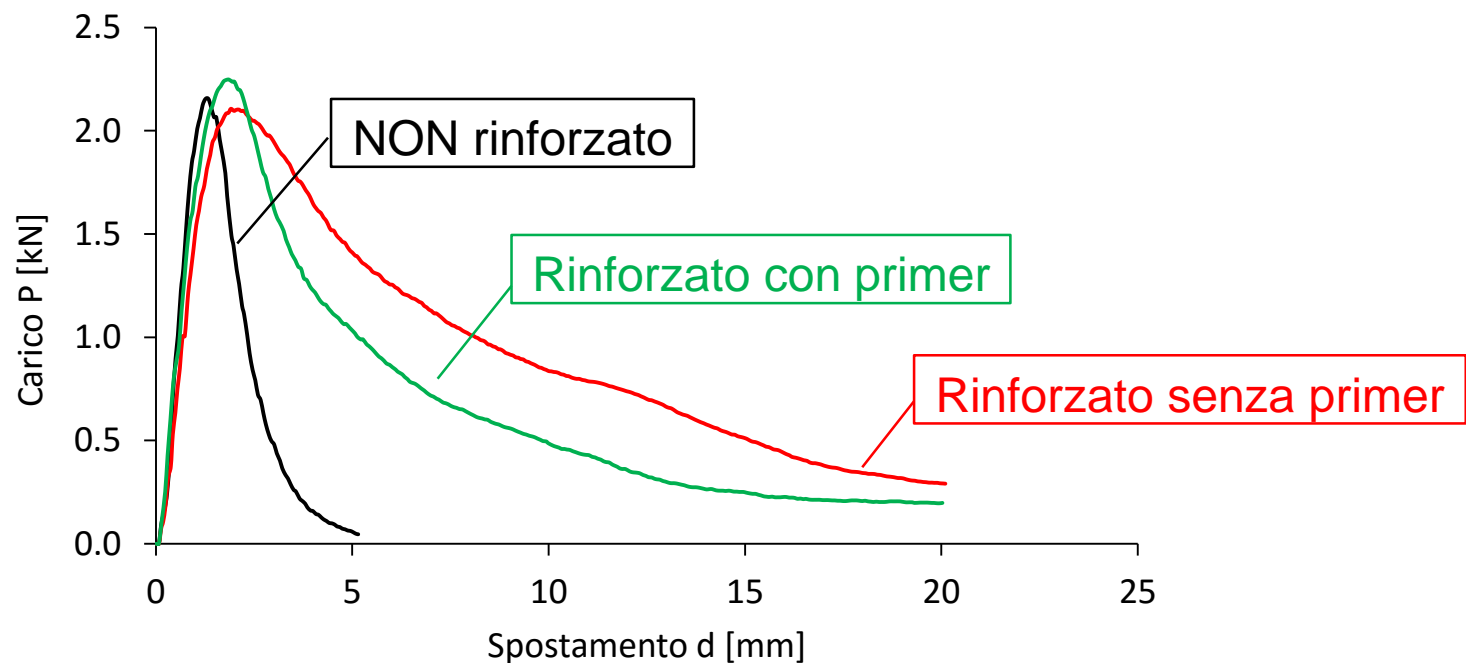


Caratterizzazione avanzata a flessione

Prestazioni a Flessione 3PB

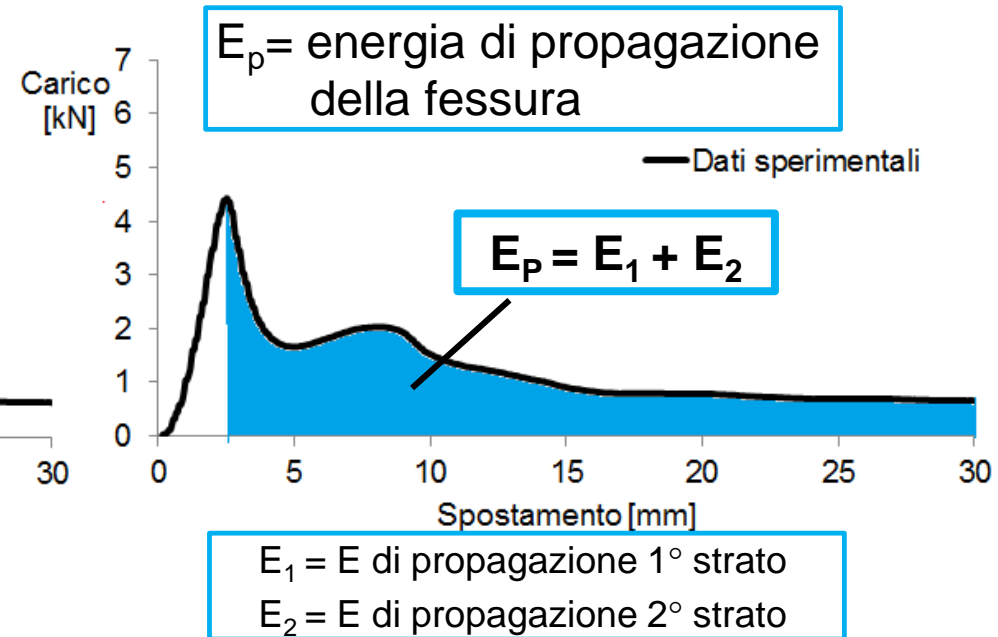
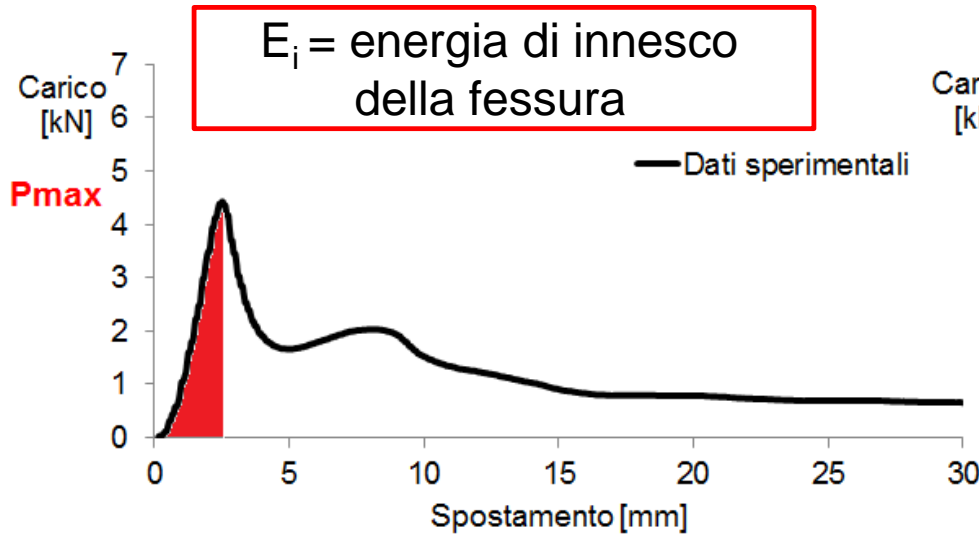
PROVA STATICA – PROVINI PRISMATICI: $30.5 \times 8.5 \times 8$ cm – $T = 20$ °C – $V = 50.8$ mm/min

CONGLOMERATO MODIFICATO + RICICLATO A FREDDO (schiumato)



Caratterizzazione avanzata a flessione

Prestazioni a Flessione 3PB



$k = \text{“} \underline{\text{coefficiente di prestazione}} \text{”}$ del rinforzo

$$k_s = \frac{(E_2)^{Rinforzato}}{(E_2)^{Non Rinforzato}}$$



$$N_t = N_i + k_s \cdot \Delta N_p$$

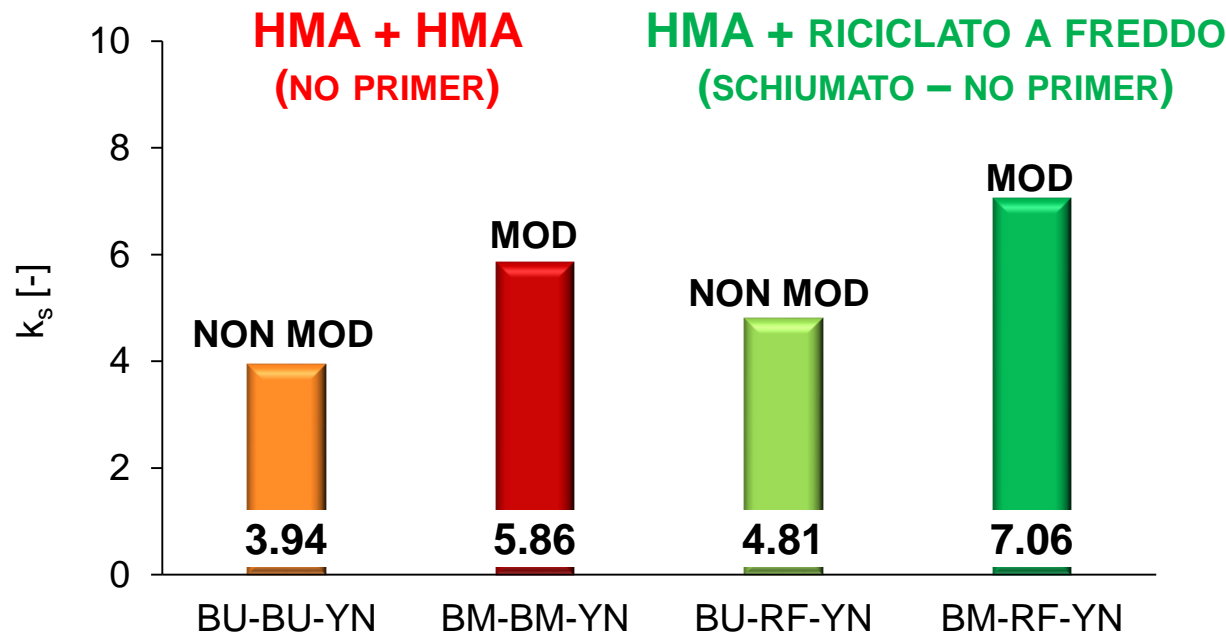
Caratterizzazione avanzata a flessione

Prestazioni a Flessione 3PB

**Rinforzo
+
riciclato a freddo**



RISULTATI ANALOGHI A
INTERPOSIZIONE IN CONGLOMERATO A CALDO
(sia tradizionale che modificato)

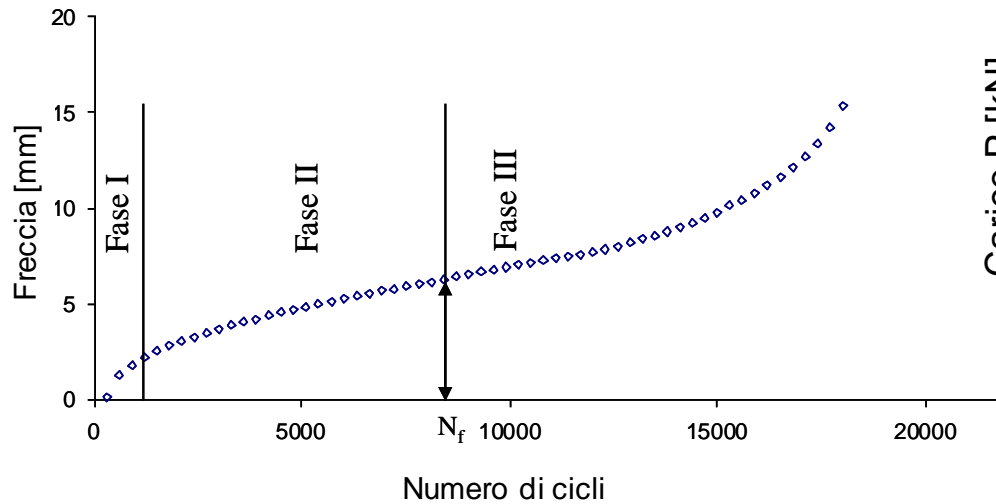


BENEFICI POTENZIALMENTE MAGGIORI PER **FRAGILITÀ** INTRINSECA RICICLATO A FREDDO

Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

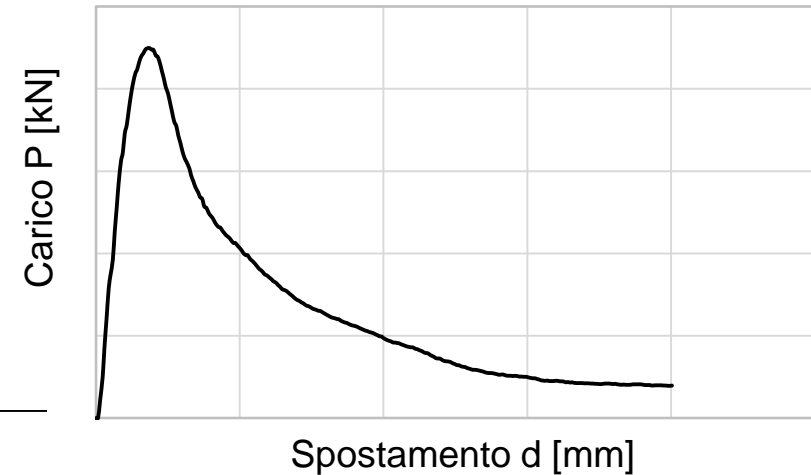
Prestazioni a flessione 3PB Vs carichi ciclici 4PB

PROVE DINAMICHE 4PB



applicazione ciclica di $\sigma < \text{resistenza max}$

PROVE STATICHE 3PB

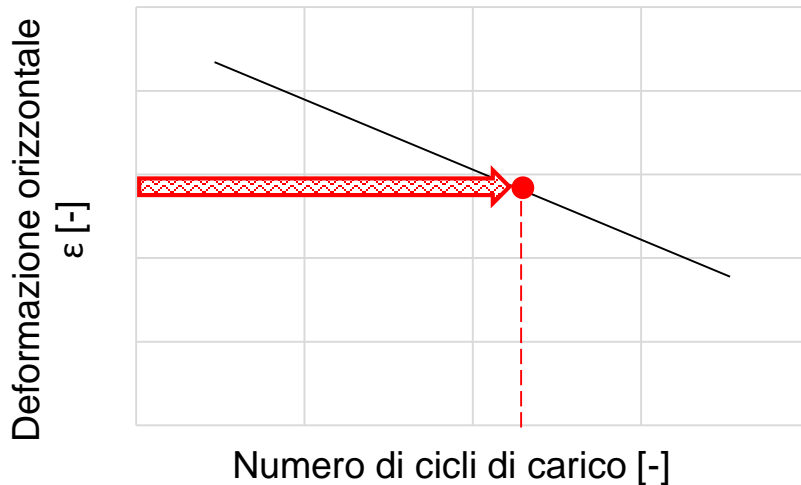


carico impulsivo a rottura

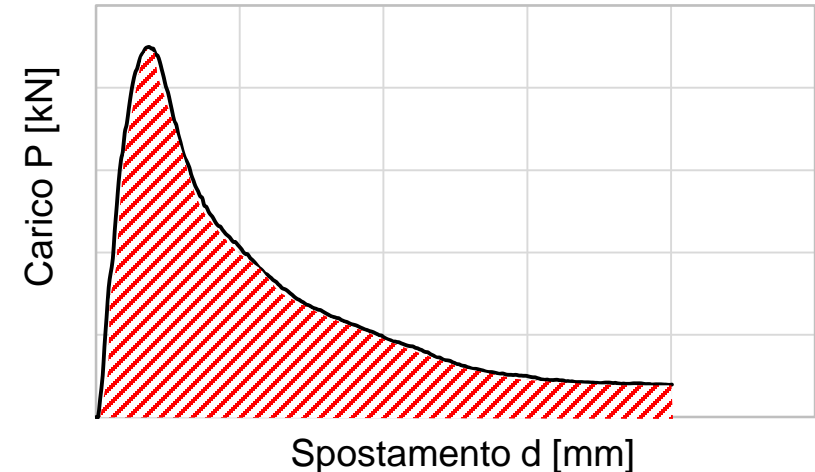
Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

Prestazioni a flessione 3PB Vs carichi ciclici 4PB

PROVE DINAMICHE 4PB



PROVE STATICHE 3PB



applicazione ciclica di $\sigma < \text{resistenza max}$



Σ energia accumulata ad ogni ciclo

carico impulsivo a rottura



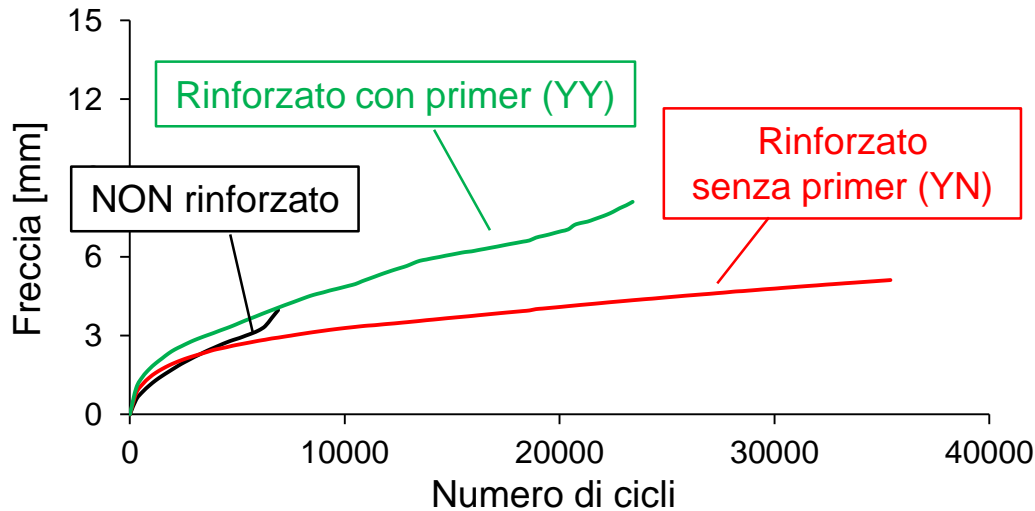
energia specifica di rottura

Capacità resistente del sistema nei confronti della fessurazione

Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

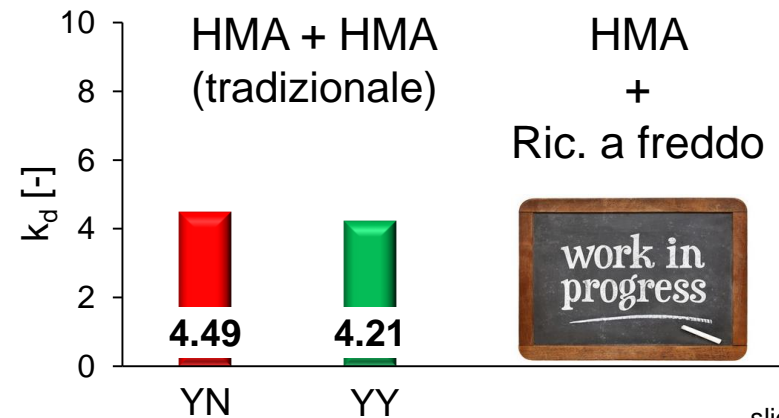
Prestazioni ai carichi ciclici 4PB

PROVA DINAMICA – PROVINI PRISMATICI: 30.5 × 8.5 × 8 cm – T = 20 °C – f = 1 Hz



k_d = “coefficiente di prestazione” del rinforzo

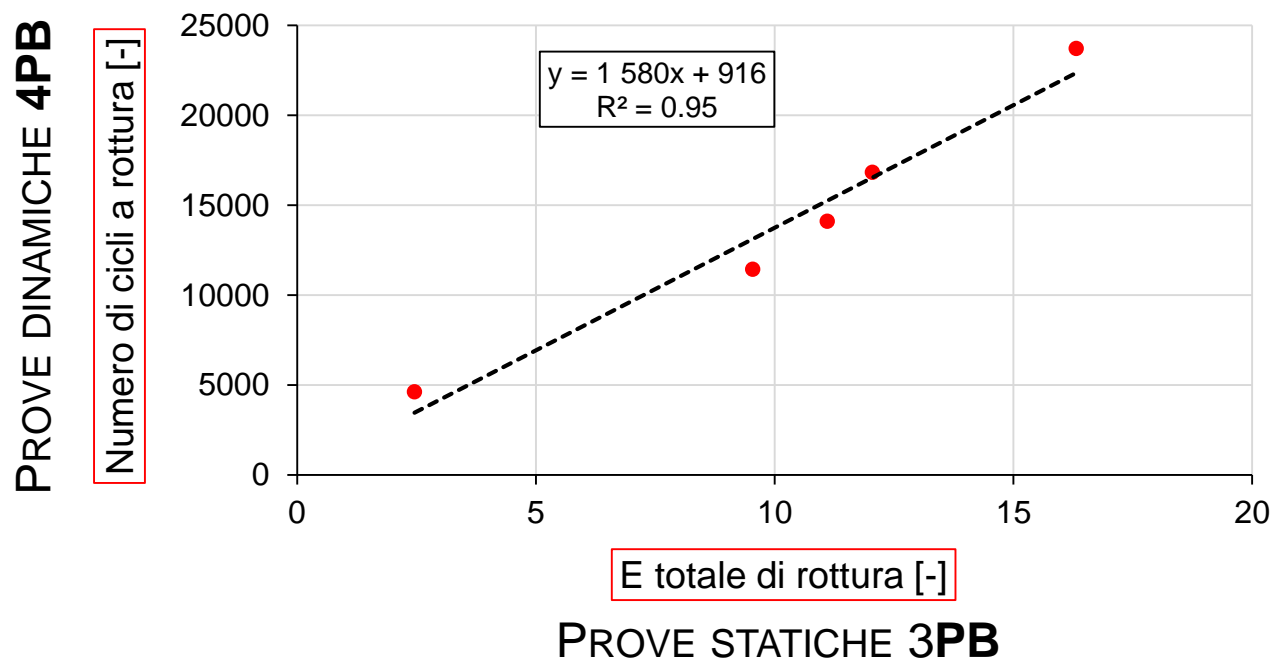
$$k_d = \frac{N_f^{Rinforzato}}{N_f^{Non\ rinforzato}}$$



Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

Prestazioni a flessione 3PB Vs carichi ciclici 4PB

CONGLOMERATO + RICICLATO A FREDDO (SCHIUMATO)



Parte 2

Dimensionamento razionale di pavimentazioni rinforzate

Manutenzione in campo stradale



Manutenzione in campo stradale

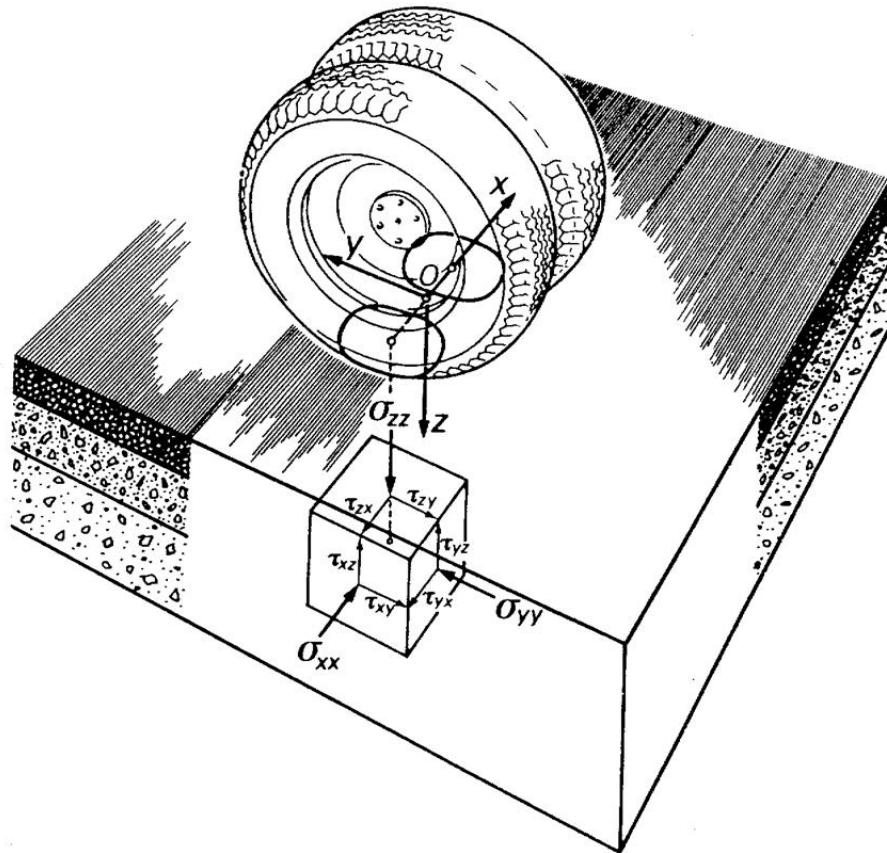


Soluzioni?? → **FATTIBILITÀ TECNICA + SOSTENIBILITÀ ECONOMICA**



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Metodo del multistrato elastico



- ❑ Definizione dei carichi:
 - numero;
 - entità;
 -
- ❑ Definizione della struttura:
 - materiali;
 - spessori;
 - proprietà elastiche (E , ν);
 - ...

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Metodo del multistrato elastico



Calcolo dello stato tenso-deformativo in specifiche posizioni

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criteri di rottura dei materiali

CONGLOMERATO BITUMINOSO



verifica a FATICA (ϵ_t)

RICICLATO A FREDDO



Fase 1: FATICA (ϵ_t)

Fase 2: ORMAIAMENTO ($\sigma_z \epsilon_z$)

MISTO GRANULARE



verifica a ORMAIAMENTO ($\sigma_z \epsilon_z$)

SOTTOFONDO

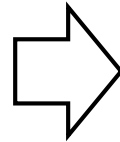


verifica a ORMAIAMENTO ($\sigma_z \epsilon_z$)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

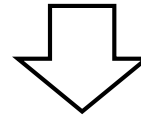
Parametri di calcolo: MATERIALI LEGATI

TERMO-DIPENDENZA

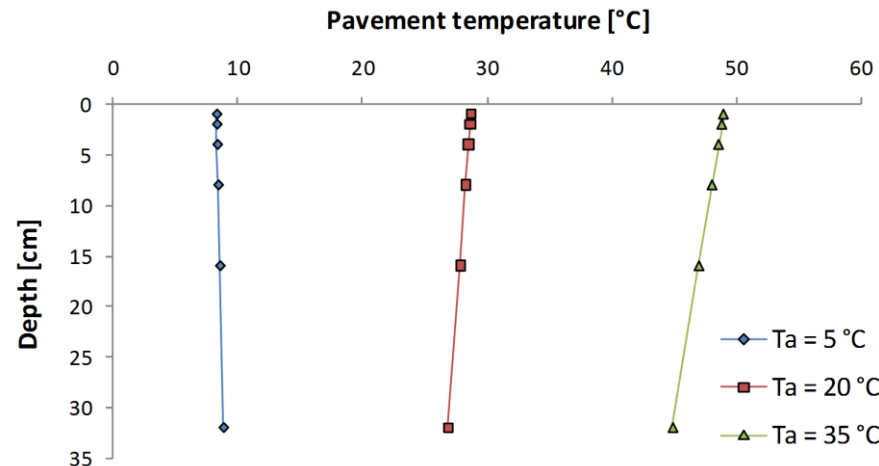


$$|E|(modulo\ elastico) = f(T)$$

Temperatura media stagionale dell'aria [°C] (dati ARPA – Veneto, Stazione San Pietro in Cariano – 2015)			
INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
0.4	8.5	18.5	8.8



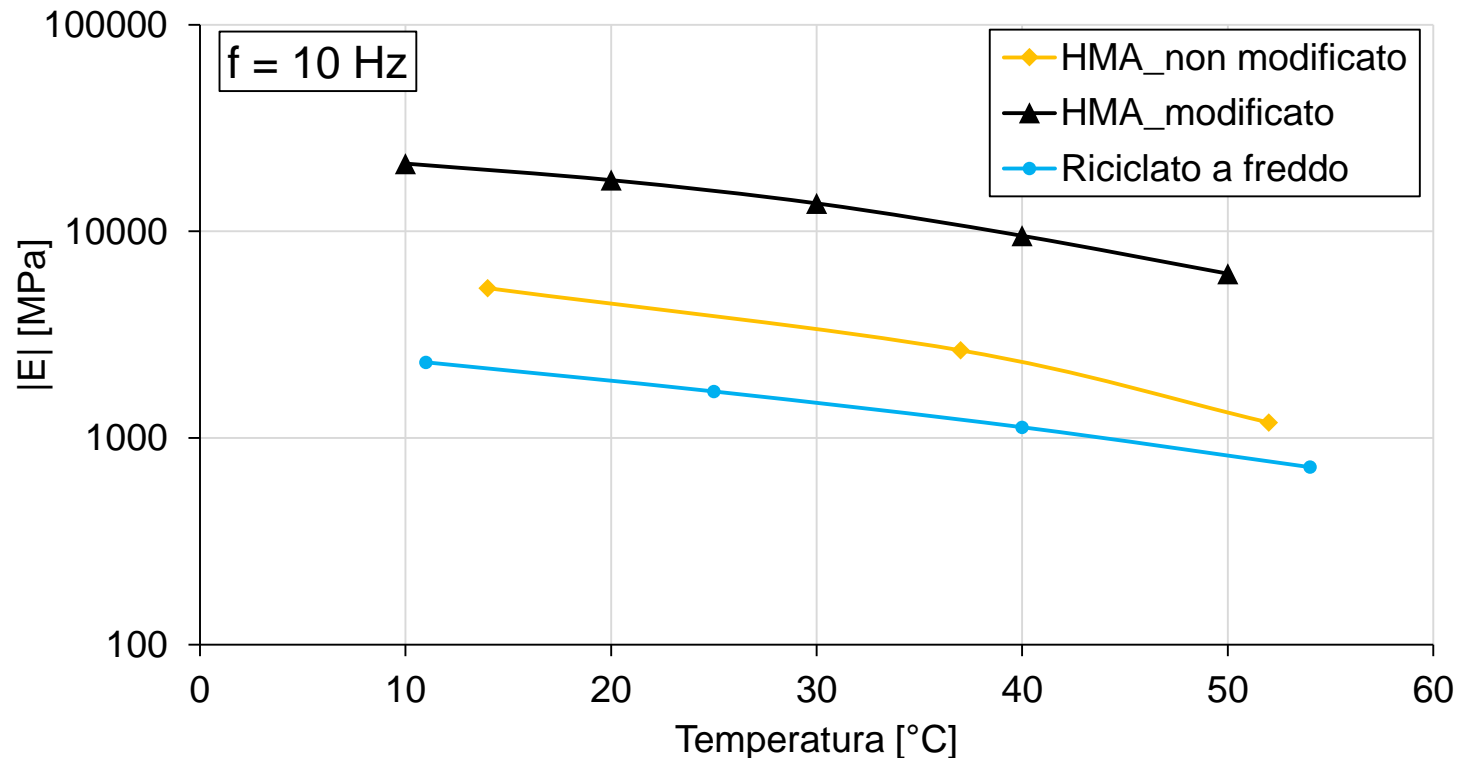
T della pavimentazione calcolata a **1/3 dello spessore degli strati legati**



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Parametri di calcolo: MATERIALI LEGATI

Modulo di rigidezza: ISOCRONE a $f = 10$ Hz (dati di laboratorio)



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Parametri di calcolo: MATERIALI NON LEGATI

Condizione media delle caratteristiche portanti

SOTTOFONDO

$$(E_d)_s = 10 \cdot CBR$$

$$(E_d)_s = 15 \cdot K$$

$$(E_d)_s = 0,2 \cdot M_d$$

FONDAZIONE

$$E_d = 10 \cdot CBR$$

$$E_d = 0.206h^{0.45} E_{ds}$$

$$E_d = k_1 \theta^{k_2}$$

E_d	modulo elastico dinamico (MPa)
CBR	indice CBR di progetto (addensamento e umidità effettive)
K	costante di reazione di Westergaard (kg/cm^3)
M_d	modulo di deformazione (kg/cm^2)
h	spessore dello strato (mm)
E_{ds}	modulo elastico del sottofondo (MPa)
k_1, k_2	costanti del materiale
θ	somma delle sollecitazioni principali (prova in cella triassiale)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Parametri di calcolo

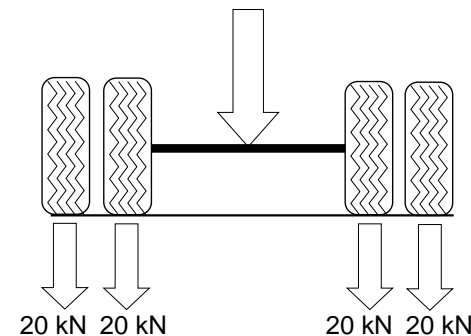
Materiali

STRATO	E [MPa]				ν [-]
	INVERNO T = 0.4°C	PRIMAVERA T = 8.5°C	ESTATE T = 18.5°C	AUTUNNO T = 8.8°C	
CONGLOMERATO DRENANTE MODIFICATO	6405	5358	3755	5307	0.35
CONGLOMERATO BITUMINOSO MODIFICATO	12806	10531	6678	10415	0.35
CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE	11552	6941	2966	6779	0.35
RICICLATO A FREDDO (<u>FASE 1</u>)	2678	2226	1710	2208	0.30
RICICLATO A FREDDO (<u>FASE 2</u>)		500			0.30
FONDAZIONE IN MISTOGRANULARE		300			0.35
SOTTOFONDO		150			0.40

*T = media stagionale dell'aria (dati ARPA – Veneto, Stazione San Pietro in Cariano – 2015)

Carichi

- asse singolo da 80 kN a ruote gemellate
- $p_{\text{gonfiaggio}} = 700 \text{ kPa}$



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

$$N_t = N_i + \Delta N_p$$

- N_t numero di cicli riferito all'asse standard che causa la fessurazione a fatica
- N_i numero di cicli riferito all'asse standard che causa l'innescò della fessurazione
- ΔN_p numero di cicli riferito all'asse standard che determina la risalita in superficie delle fessure innescatesi, interessando il 10 % della pavimentazione

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

Legge di fatica di Verstraeten (**innesco della fessurazione**):

$$\log_{10} N_i = 6 + 4.7619 \cdot \left[\log_{10} \left(\lambda \cdot \frac{V_b}{V_b + V_v} \right) - \log_{10} \varepsilon_t \right]$$

Legge di **propagazione delle fessure**:

$$\Delta N_p = \left(E^{\alpha'} \cdot \sigma^{\beta'} \cdot 10^{\gamma'} \right) \cdot \left(1.373 \cdot e^{-1.089 \cdot n} \cdot h^{(-0.152 + 0.476 \cdot n)} \right)$$

spessore dello strato

f = (tipo di legante)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

Ref.: J. Jacobs (1995), «Crack growth in asphaltic mixes», PhD dissertation (Advisor: A.A.A. Molenaar), TU Delft (The Netherlands)

$$n = \frac{2}{(a_4 + 2 \cdot a_5 \cdot \log(t)) \cdot CF}$$

$$\ln(CF) = b_0 + b_1 \cdot S_{max} + b_2 \cdot S_{bit} + b_3 \cdot S_{mas} \cdot \ln S_{bit}$$

a_i, b_i = coefficienti di regressione (funzione del tipo di bitume)

t = tempo di carico = 0.1/frequenza

S_{mas} = modulo di rigidezza del **conglomerato** (a una determinata T e frequenza di carico)

S_{bit} = modulo di rigidezza del **bitume**; $f = (T, t, T_{R\&B}, PI)$ - van der Poel, 1954

$n = 5$

conglomerati NON modificati

$n = 4.5$

conglomerati modificati

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi rinforzati

$$N_t = N_i + k \cdot \Delta N_p$$

k = “coefficiente di prestazione” del rinforzo
(determinabile sperimentalmente in laboratorio)

$k = 3.5$

conglomerati NON modificati



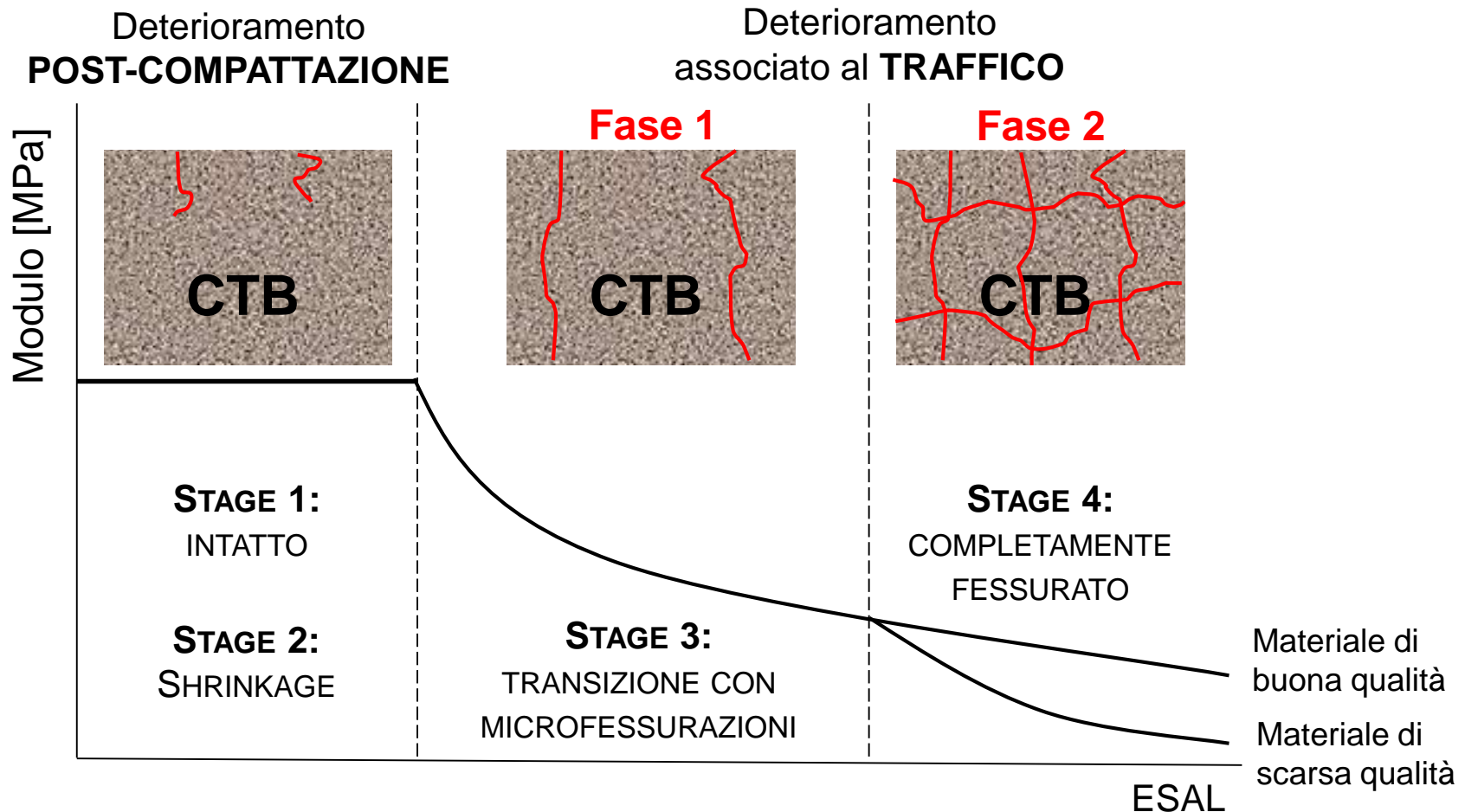
$k = 5.5$

conglomerati modificati



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali riciclati a freddo



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali riciclati a freddo

Fatica – Fase 1

$$N_z = 10^{7.92 - 1.28 \left(\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_b} \right)}$$

N_z cicli di carico a rottura

ε_t deformazione orizzontale alla base dello strato riciclato a freddo

ε_b deformazione a rottura (f = tipologia di materiale)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali riciclati a freddo

Ormaiamento – Fase 2

$$\text{Log}_{10} N_z = \left(\frac{54.005}{t} + 4.5 \right) \cdot (SR + 0.0664)^{-0.2313}$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

t spessore dello strato riciclato a freddo (mm)

SR critical stress ratio (f = angolo di attrito ϕ e delle tensioni min e max in sommità dello strato riciclato a freddo)

$$SR = \frac{\sigma_1^a - \sigma_3}{\sigma_3 \left[\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right] + 2.c. \tan \left[45^\circ + \frac{\phi}{2} \right]}$$

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Critério di rottura materiali non legati FONDAZIONE

$$\log_{10} N_z = 2.61 \cdot F + 3.71$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

F coefficiente di sicurezza ($f =$ valori di σ nelle tre direzioni determinati alla profondità intermedia dello strato di fondazione; c_{term} , tabulato in funzione del tipo di materiale granulare).

$$F = \min \left[\left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{zz}| + \sigma_{xx,yy \max})} \right)_{y=0}, \left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{zz}| + \sigma_{xx,yy \max})} \right)_{y=-0,1575} \right]$$

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

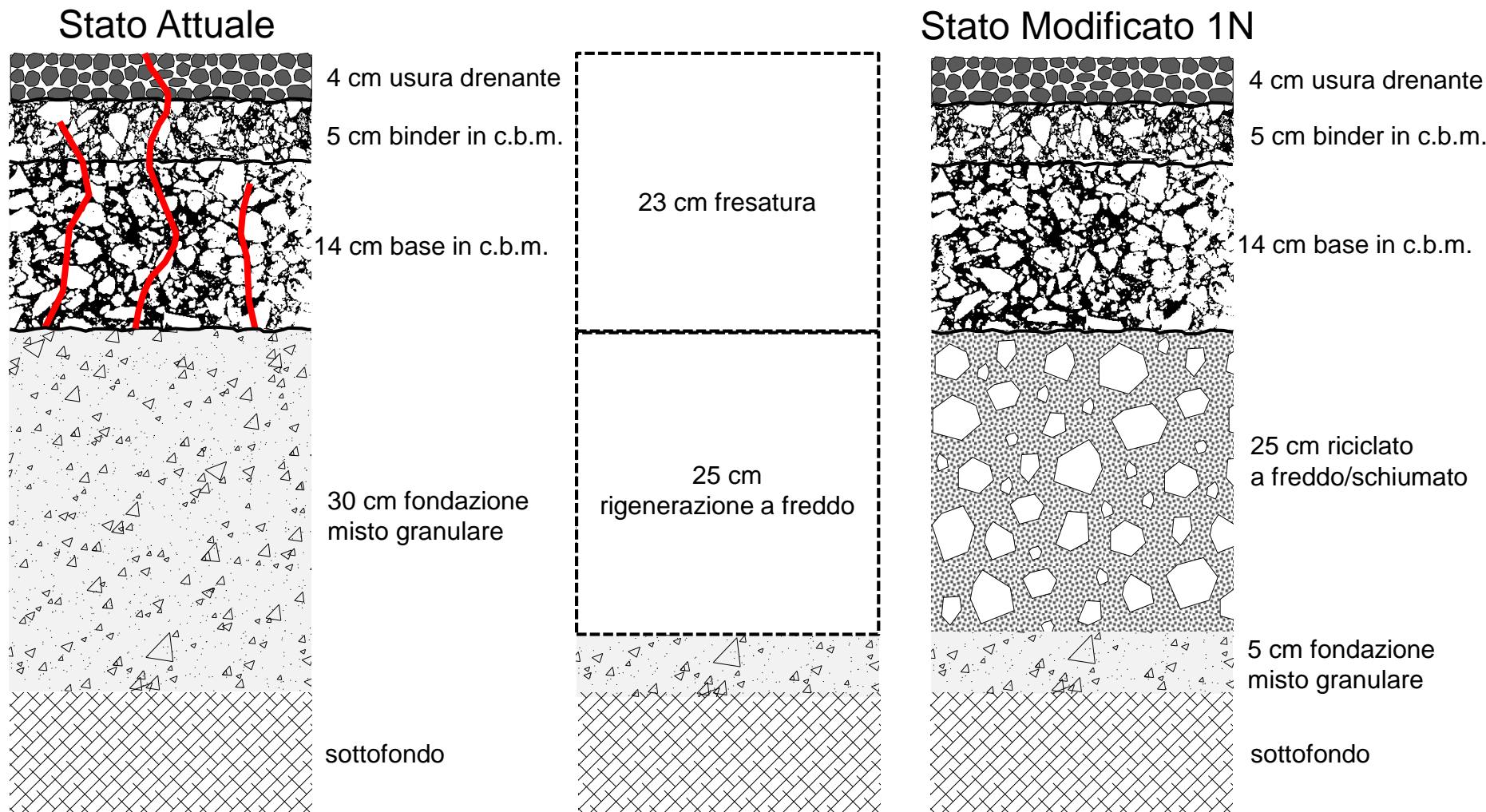
Criterio di rottura materiali non legati SOTTOFONDO

$$N_z = 1.0498 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon_t^{-4}$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

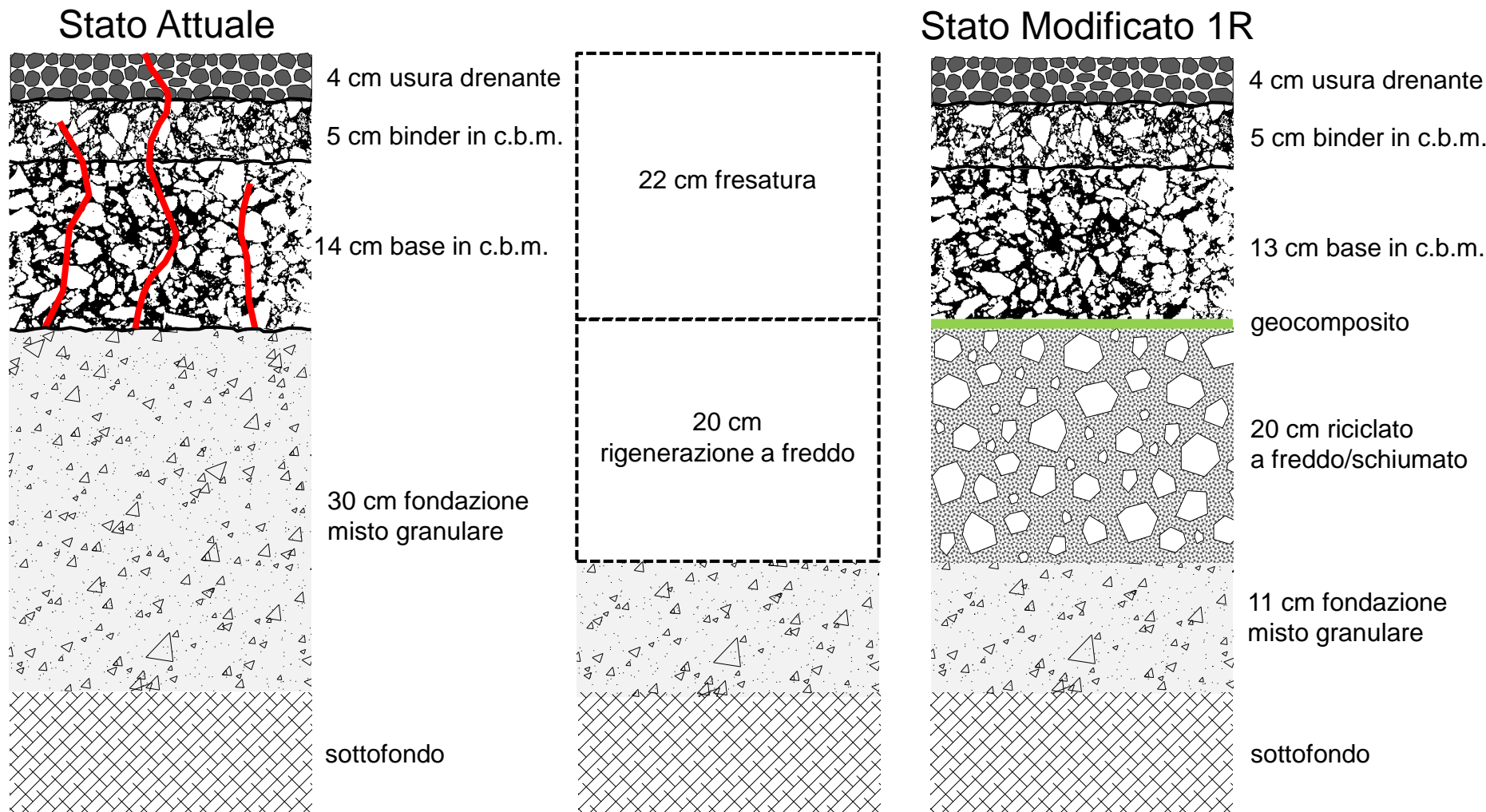
ε_t deformazione verticale in sommità dello strato di sottofondo

Soluzione 1 - Risanamento profondo ANAS: tipologia RP-A1



Durata Soluzione 1N = 120 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 1 - Risanamento profondo ANAS: alternativa alla tipologia RP-A1



Durata Soluzione 1R = 160 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 1N-1R

Riepilogo

1R → 160 milioni ESAL da 8,2 t = 30 milioni ESAL da 12 t

6 cm in meno di fresatura

1 cm in meno (su 23) di conglomerato bituminoso modificato

5 cm in meno (su 25) di riciclato a freddo schiumato

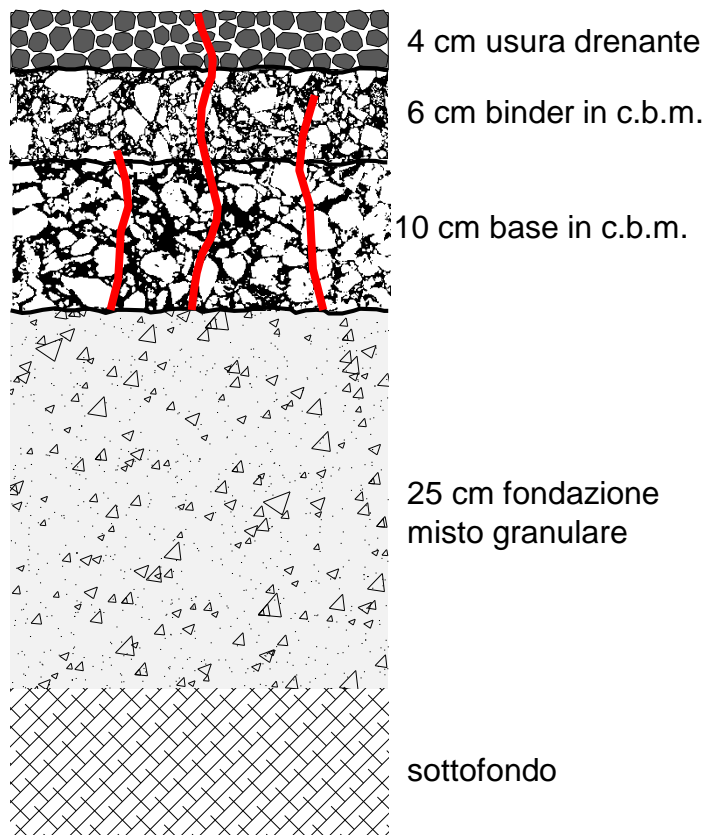
Incremento del 33% della Vita Utile

+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping

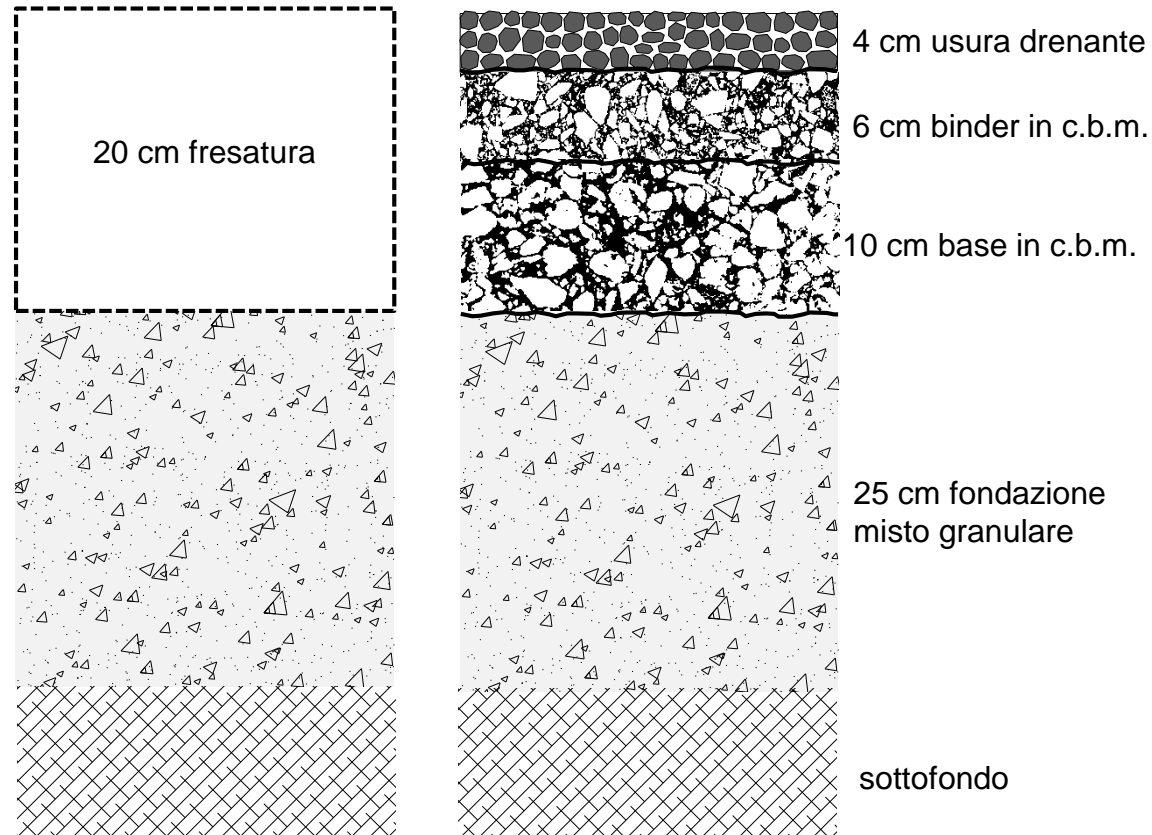
+ benefici ambientali

Soluzione 2 – Tipologia “Serenissima” A31 diramazione da A4

Stato Attuale



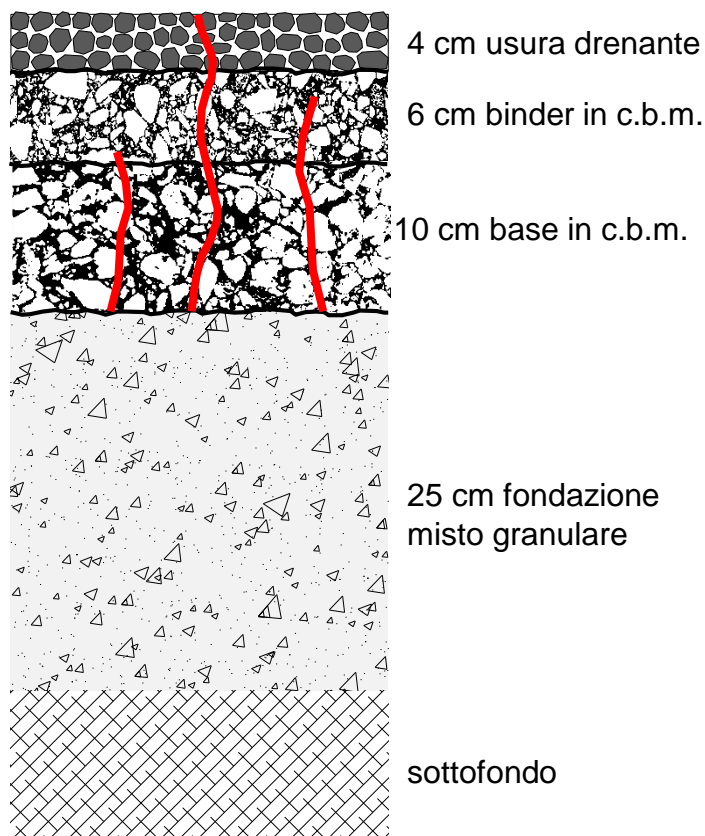
Stato Modificato 2N



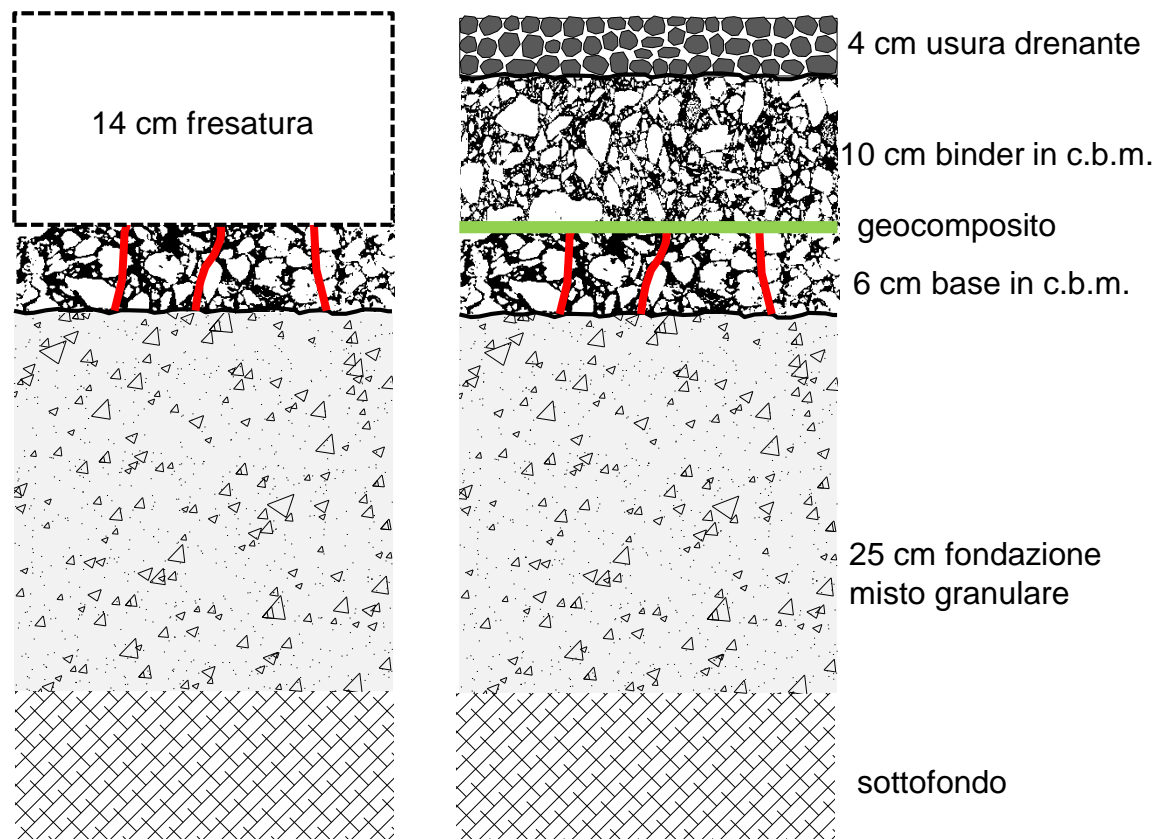
Durata Soluzione 2N = 11 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 2 – Alternativa alla Tipologia “Serenissima” A31 diramazione da A4

Stato Attuale



Stato Modificato 2R



Durata Soluzione 2R = 12 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 2N-2R

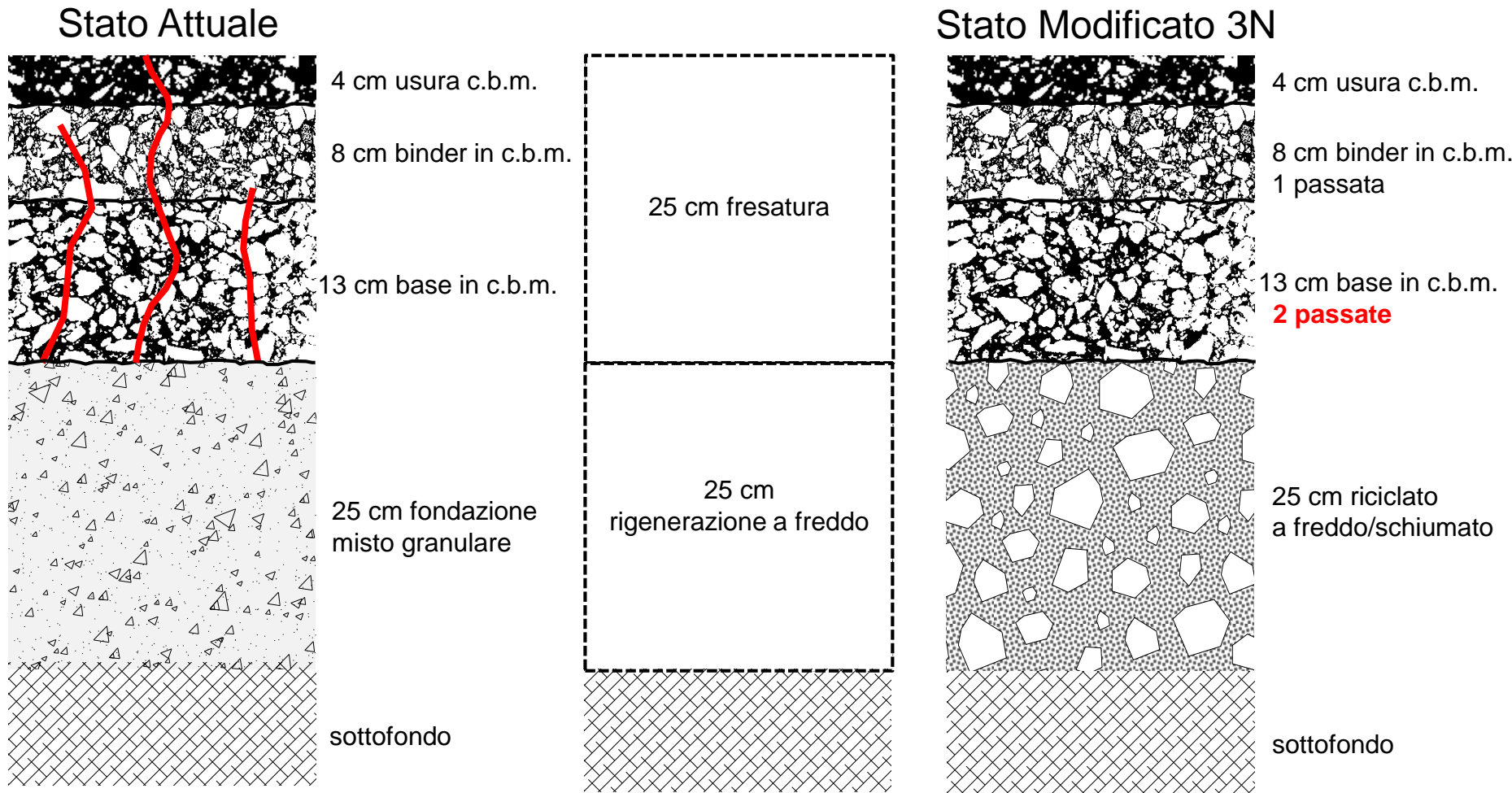
Riepilogo

2R → 12 milioni ESAL da 8,2 t = 2,3 milioni ESAL da 12 t

6 cm in meno (su 20) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

Incremento del 9% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

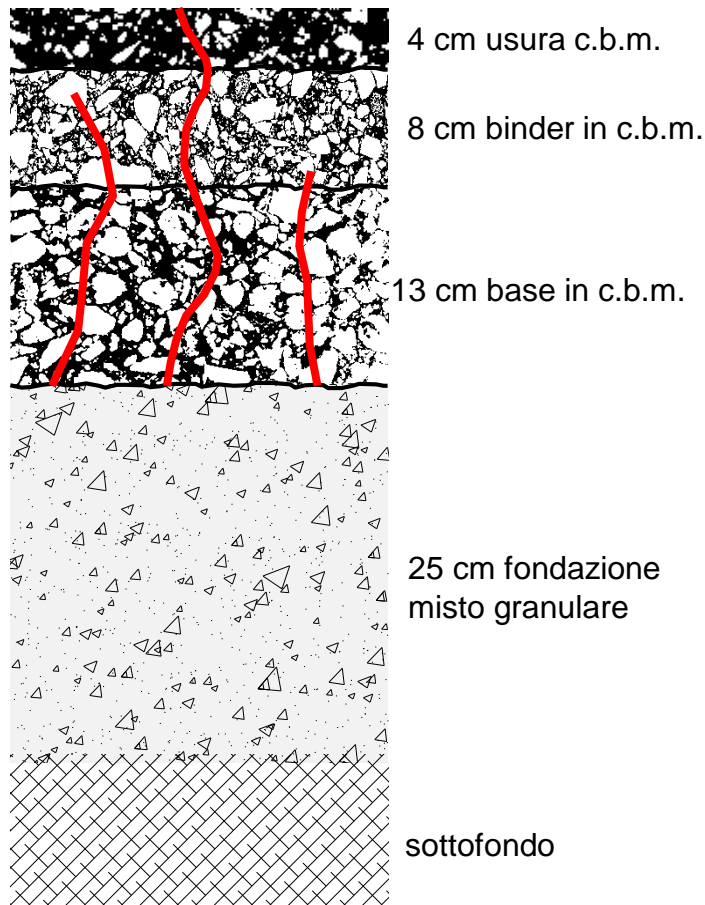
Soluzione 3 – Tipologia “Transpolesana (SS 434)”



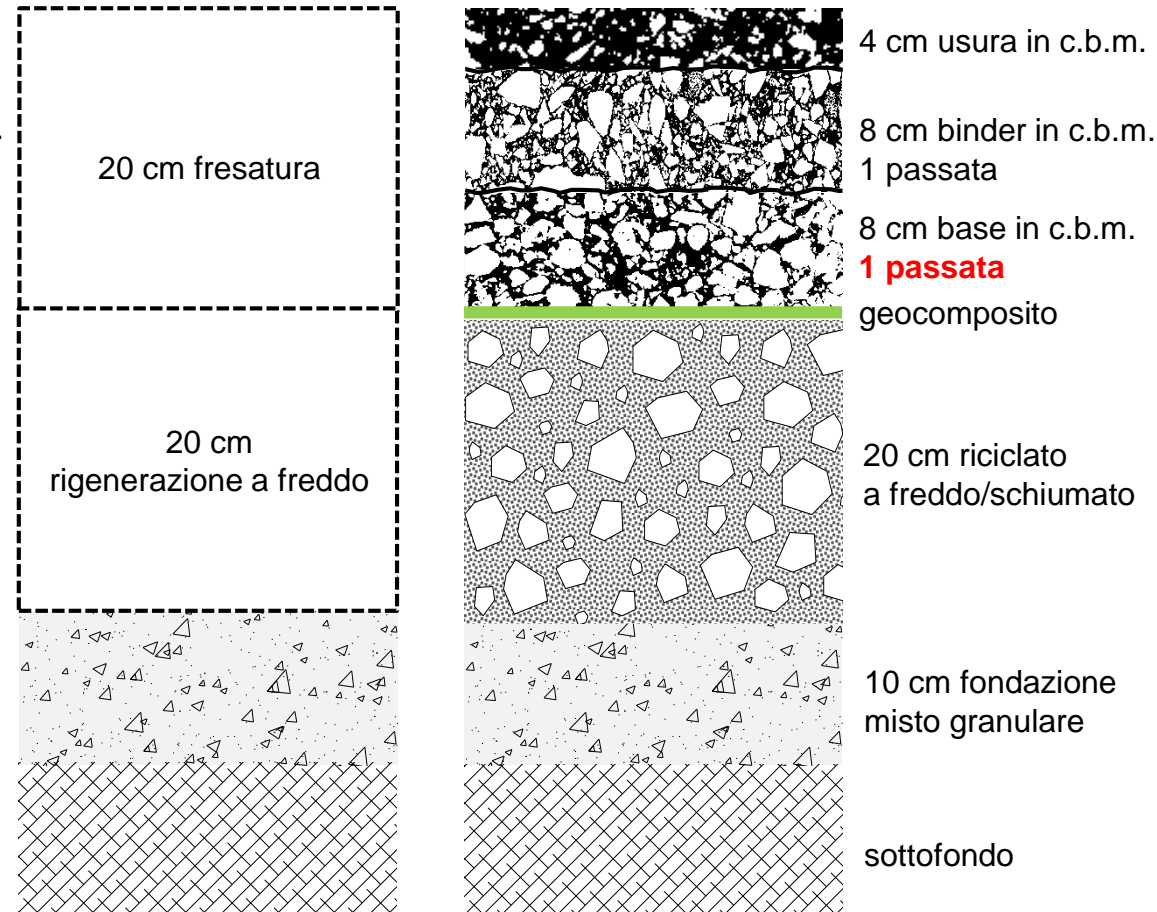
Durata Soluzione 3N = 140 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 3 – Alternativa alla Tipologia “Transpolesana (SS 434)”

Stato Attuale



Stato Modificato 3R



Durata Soluzione 3R = 140 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 3N-3R

Riepilogo

3R → 140 milioni ESAL da 8,2 t = 27 milioni ESAL da 12 t

5 cm in meno (su 25) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

5 cm in meno (su 25) di riciclato a freddo schiumato

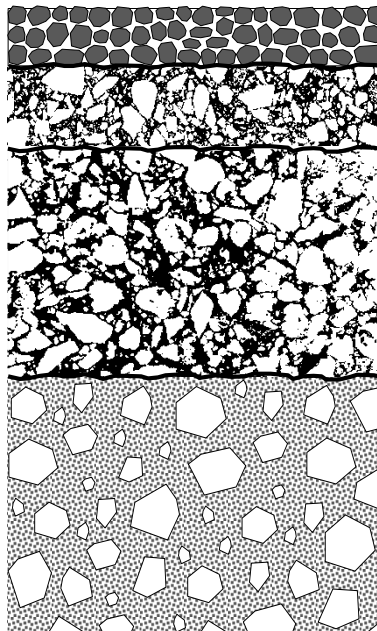
Maggior rapidità di intervento (ridotto n. di passate per compattare)

A parità di Vita Utile

+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 4 – Tipologia ANAS Pavimentazione Grande Traffico NC-1

Stato Modificato 4N



4 cm usura drenante

5 cm binder in c.b.m.

1 passata

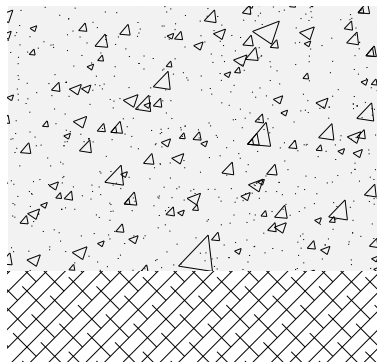
15 cm base in c.b.m.

2 passate

20 cm riciclato

a freddo/schiumato

Durata Soluzione 4N = 130 milioni di assi standard da 8,2 t

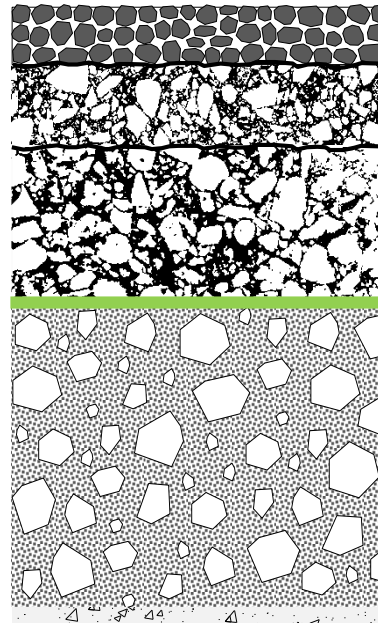


20 cm fondazione
misto granulare

sottofondo

Soluzione 4 – Alternativa **Tipologia ANAS Pavimentazione Grande Traffico NC-1**

Stato Modificato 4R

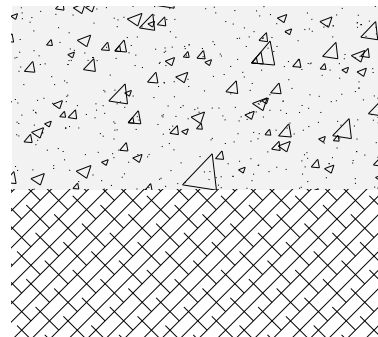


4 cm usura drenante
5 cm binder in c.b.m.
1 passata

10 cm base in c.b.m.
1 passata

20 cm riciclato
a freddo/schiumato

Durata Soluzione 4R = 130 milioni di assi standard da 8,2 t



20 cm fondazione
misto granulare

sottofondo

Confronto Soluzioni 4N-4R

Riepilogo

4R → 130 milioni ESAL da 8,2 t = 24.5 milioni ESAL da 12 t

5 cm in meno (su 24) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

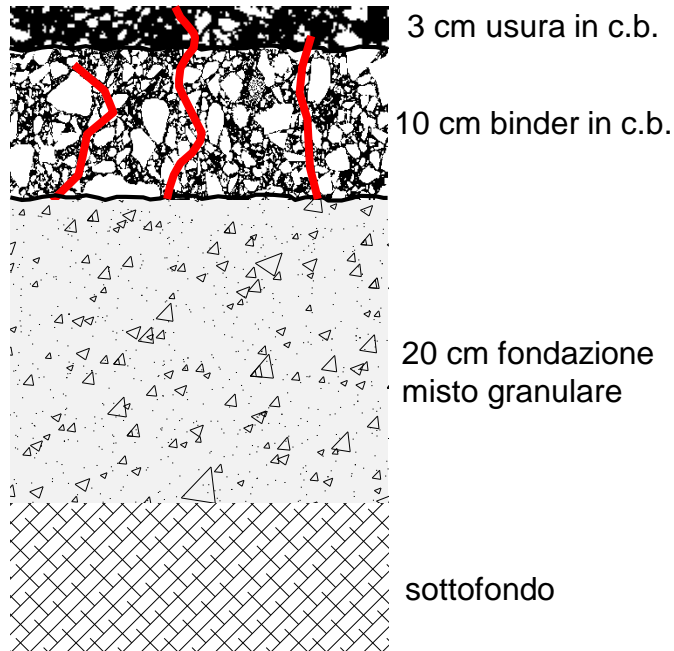
Maggior rapidità di intervento (ridotto n. di passate per compattare)

A parità di Vita Utile

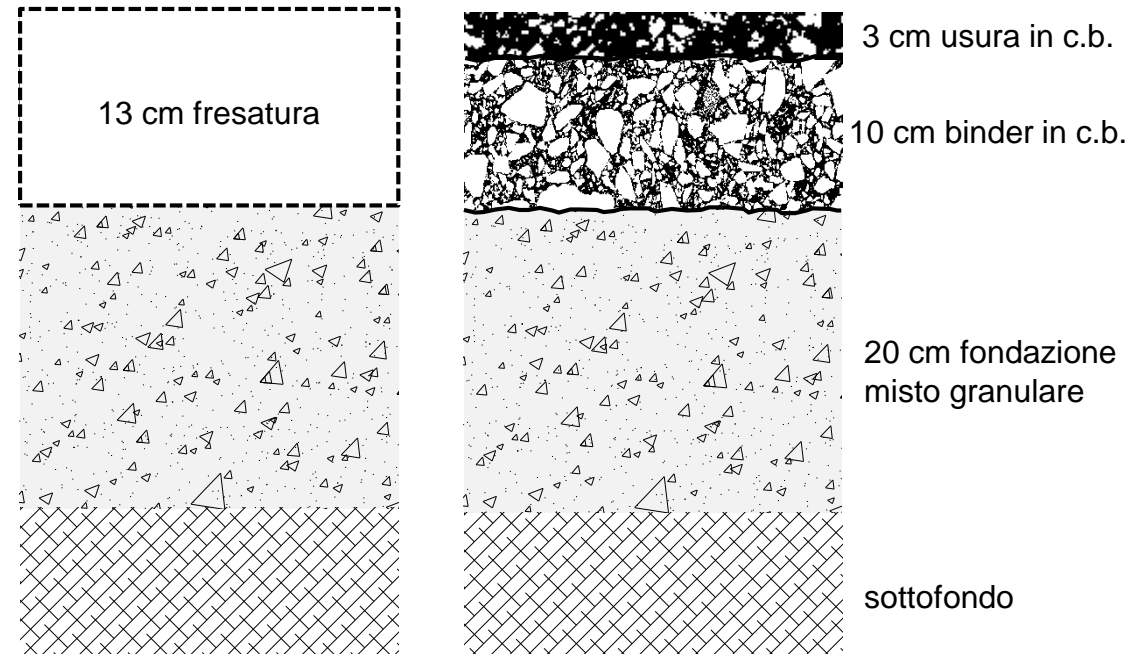
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 5 - Risanamento superficiale ANAS: tipologia RS1-A

Stato Attuale



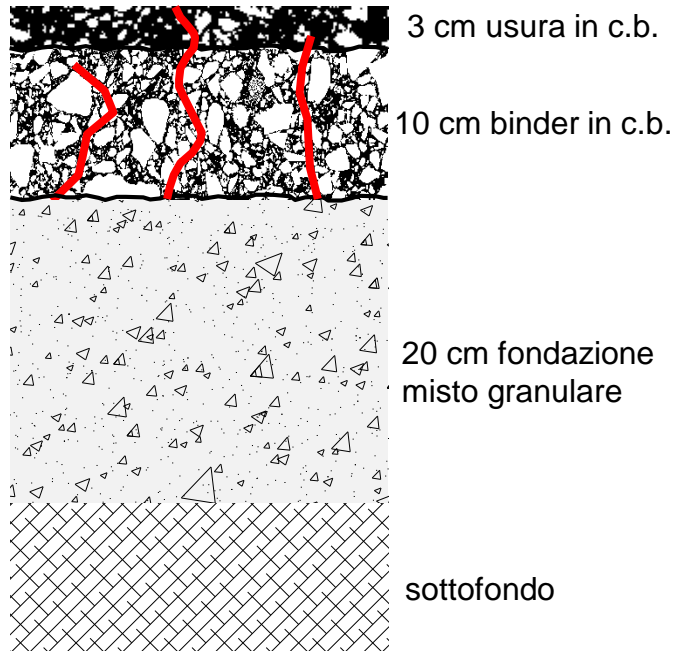
Stato Modificato 5N



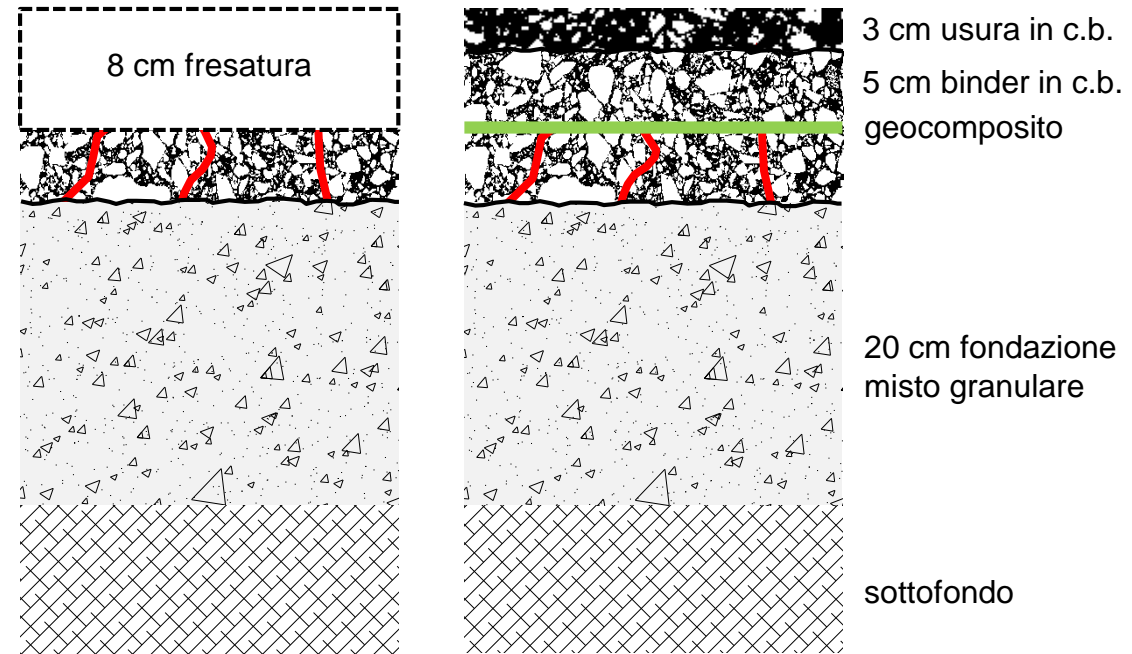
Durata Soluzione 5N = 3,3 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 5 - Risanamento superficiale ANAS: alternativa alla tipologia RS1-A

Stato Attuale



Stato Modificato 5R



Durata Soluzione 5R = 5,3 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 5N-5R

Riepilogo

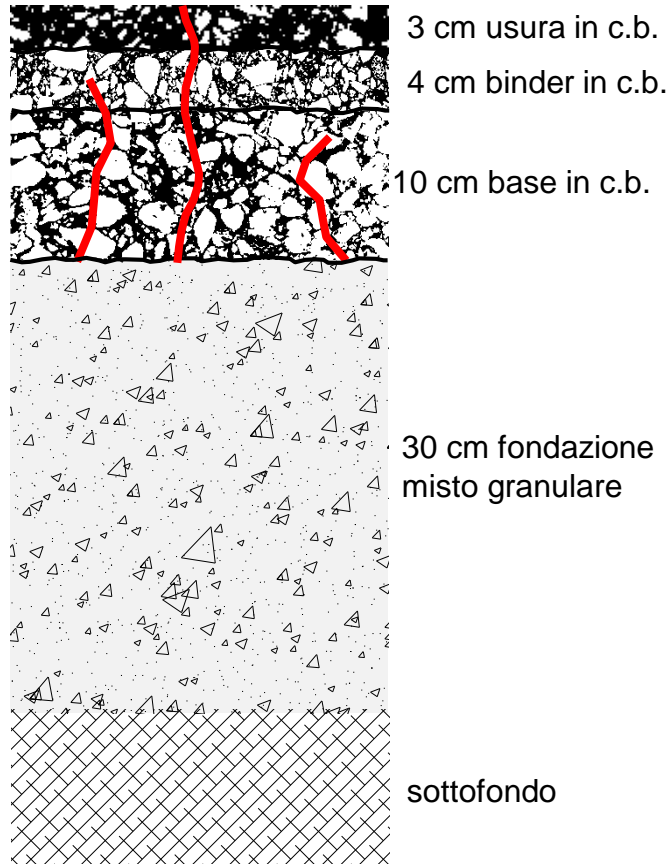
5R → 5,3 milioni ESAL da 8,2 t = 1,0 milioni ESAL da 12 t

5 cm in meno (su 13) di fresatura e conglomerato bituminoso tradizionale

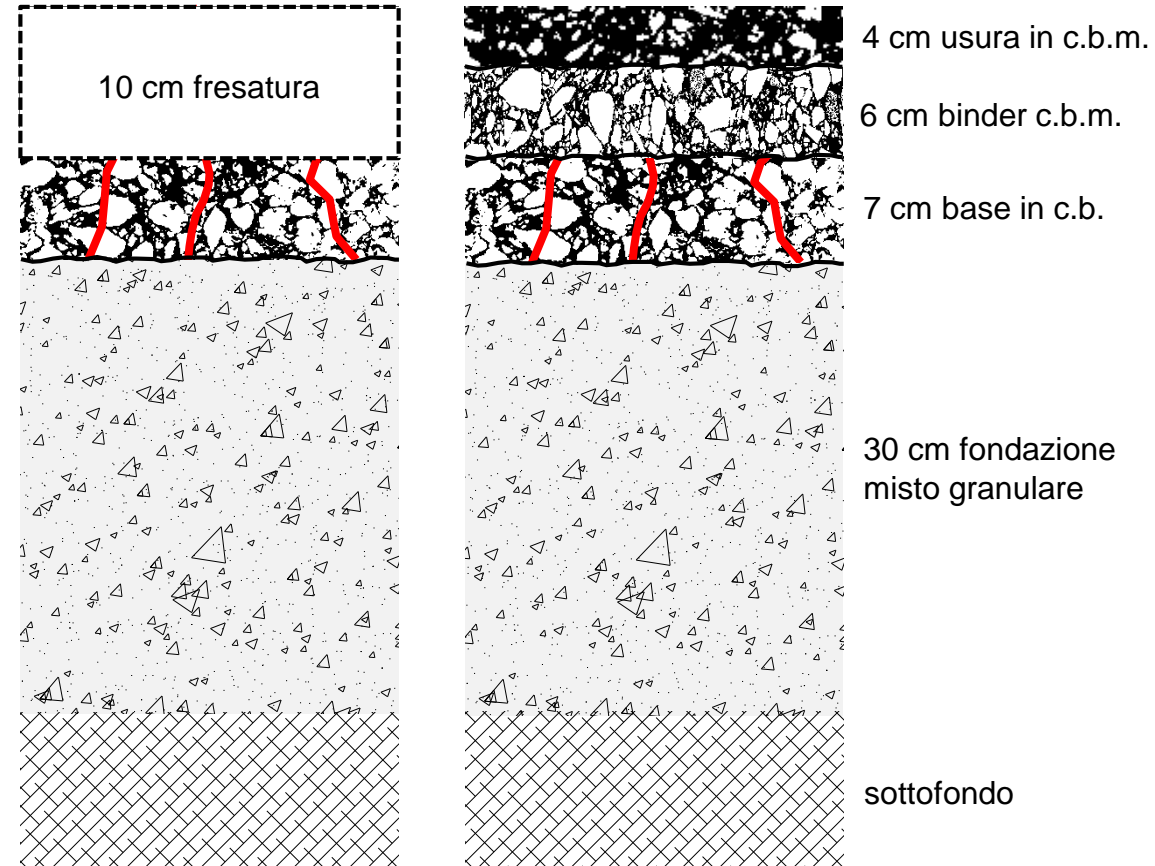
Incremento del 60% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 6 – Tipologia di progetto ANAS tipo RA 11

Stato Attuale



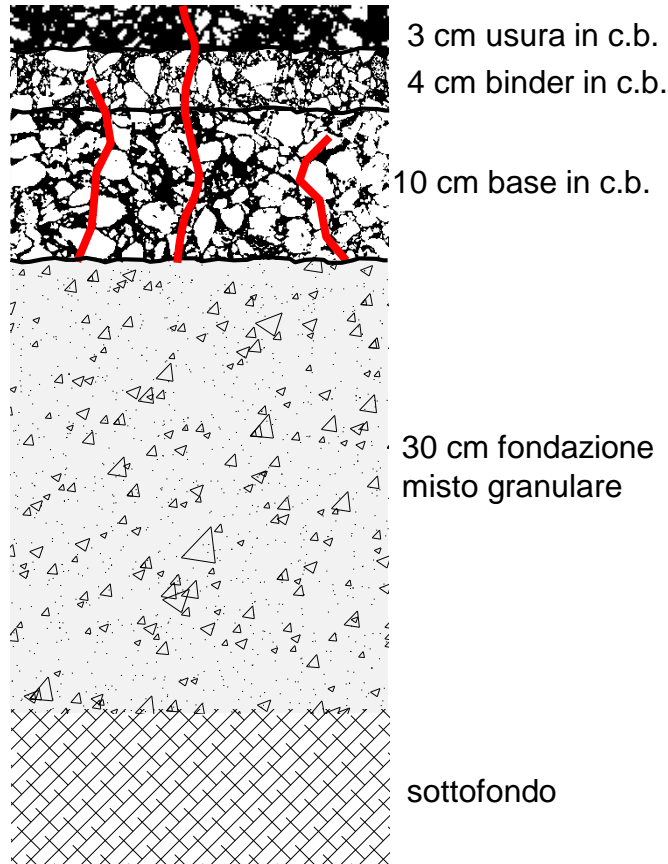
Stato Modificato 6N



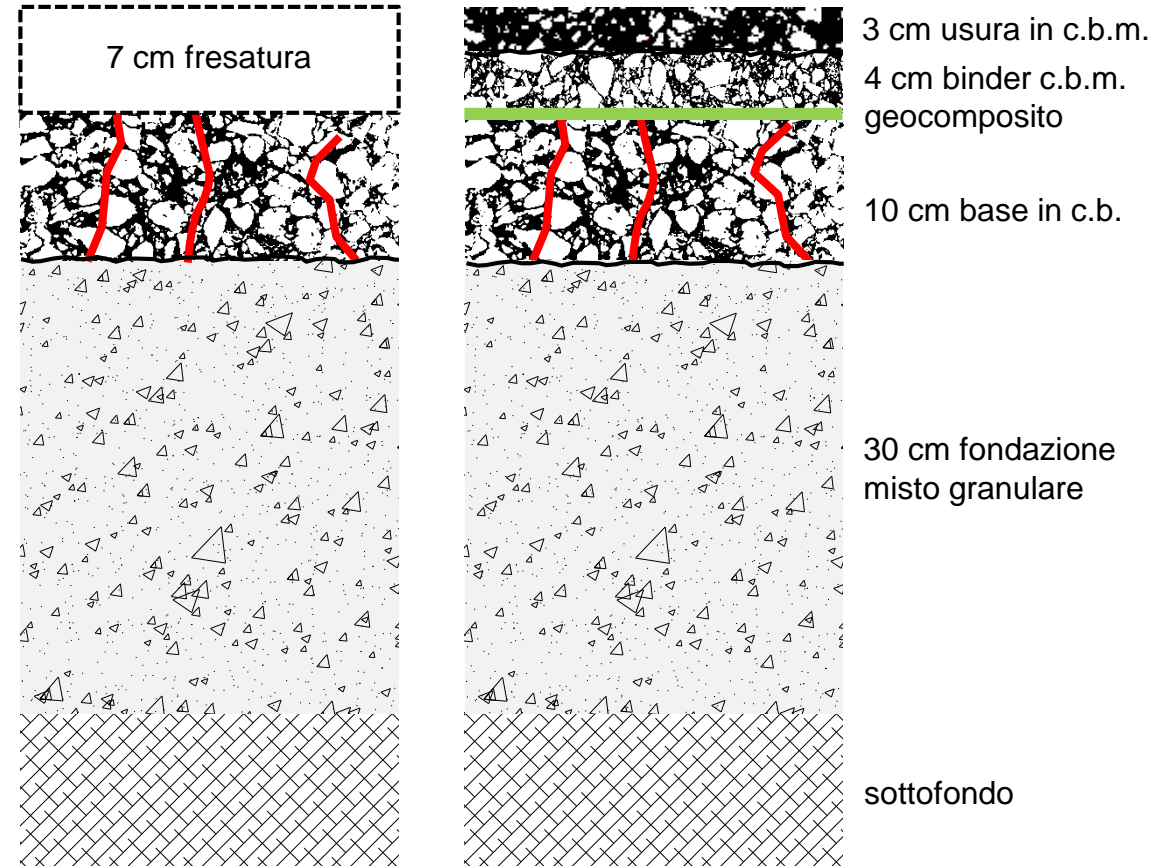
Durata Soluzione 6N = 1,4 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 6 – Alternativa alla Tipologia di progetto ANAS tipo RA 11

Stato Attuale



Stato Modificato 6R



Durata Soluzione 6R = 3,3 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 6N-6R

Riepilogo

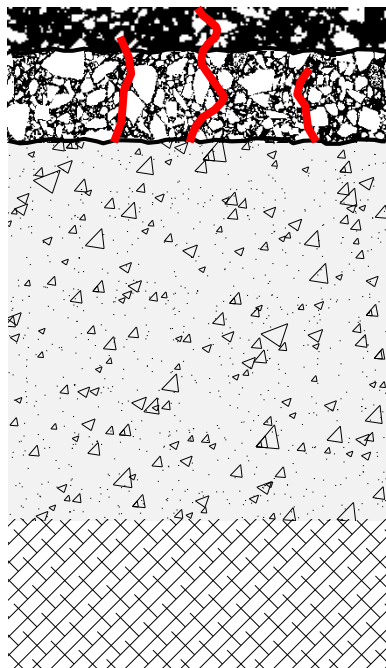
6R → 3,3 milioni ESAL da 8,2 t = 0,6 milioni ESAL da 12 t

3 cm in meno (su 10) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

Incremento del 130% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

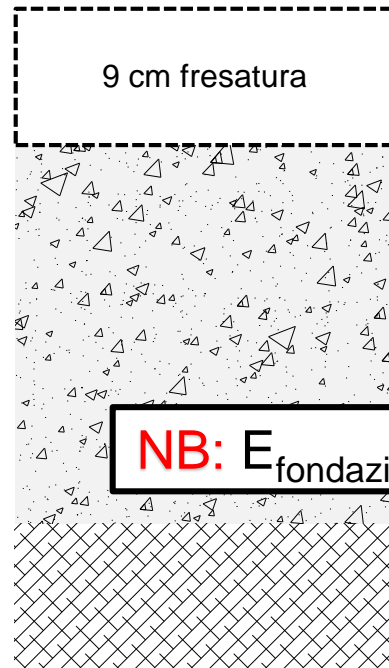
Soluzione 7 - Risanamento superficiale ANAS: tipologia RS1-C

Stato Attuale



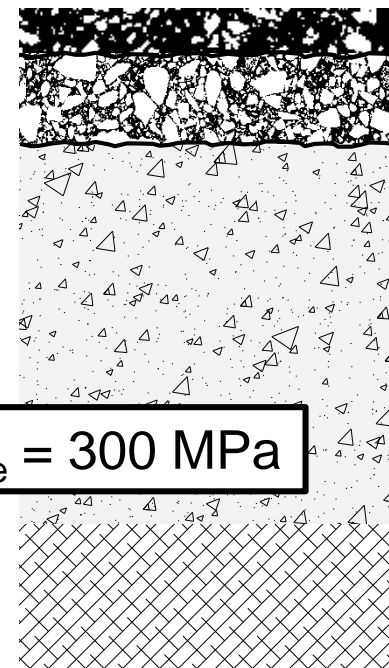
3 cm usura c.b.
6 cm binder in c.b.
25 cm fondazione misto granulare
sottofondo

Stato Modificato 7N



9 cm fresatura

NB: $E_{\text{fondazione}} = 300 \text{ MPa}$

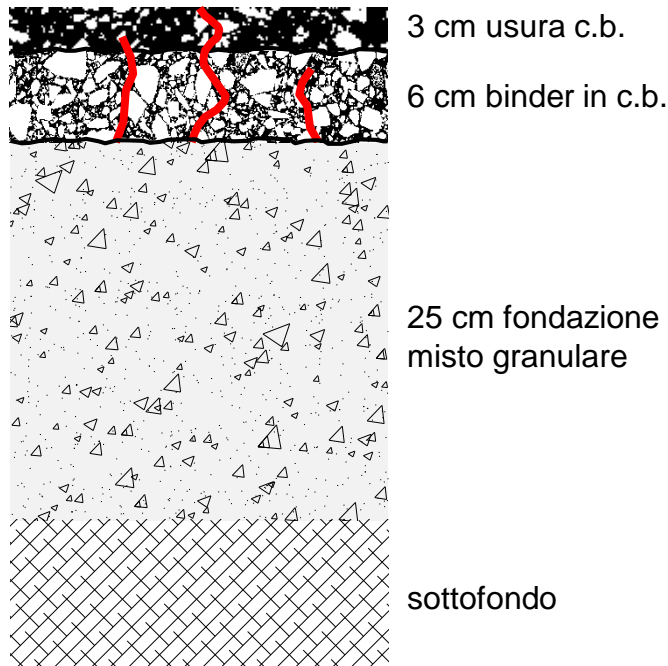


3 cm usura c.b.
6 cm binder in c.b.
25 cm fondazione misto granulare
sottofondo

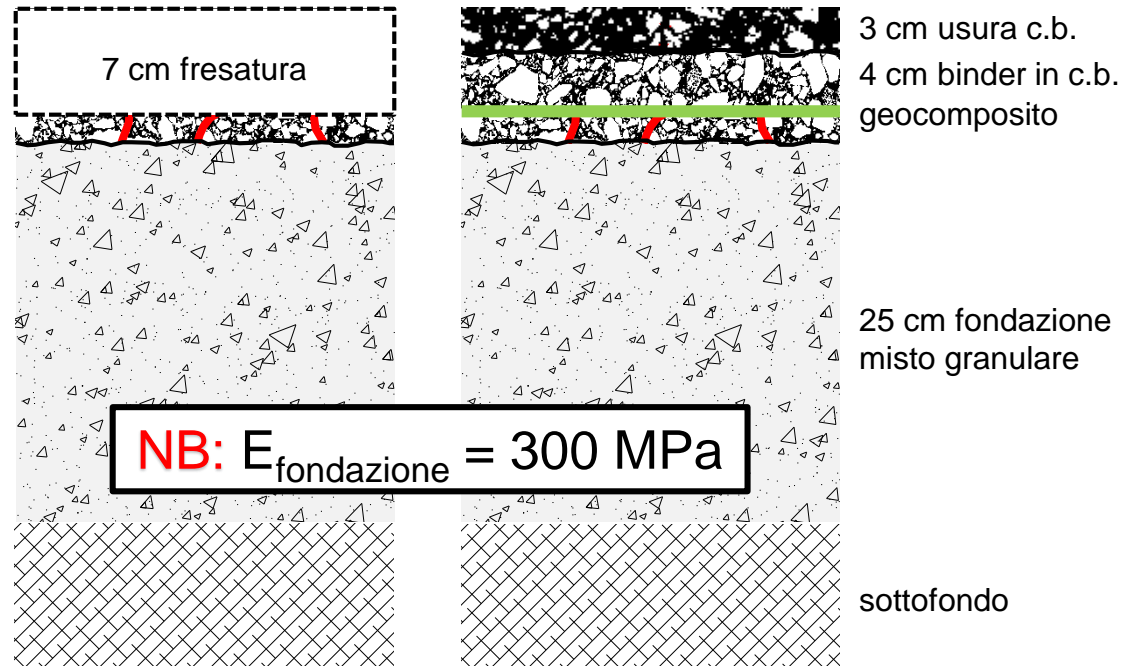
Durata Soluzione 7N = 0,9 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 7 - Risanamento superficiale ANAS: alternativa alla tipologia RS1-C

Stato Attuale



Stato Modificato 7R



Durata Soluzione 7R = 2,4 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 7N-7R

Riepilogo

7R → 2,4 milioni ESAL da 8,2 t = 0,5 milioni ESAL da 12 t

2 cm in meno (su 9) di fresatura e conglomerato bituminoso tradizionale

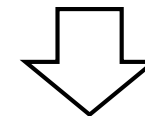
Incremento del 190% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 7/8 – Interporto di Verona (tratto via Sommacampagna)

Validazione dimensionamento e parametri di calcolo

Dati di traffico (gennaio 2017)

- TGM = 7020 (ESAL_{8,2} t)/gg
- TAM ≈ 1.75 milioni (ESAL_{8,2} t)/anno

**TRATTO D'INTERVENTO****TRAFFICO PESANTE**sovracompattazione
degli strati non legati

Soluzione 7/8 – Interporto di Verona (tratto via Sommacampagna)


Validazione dimensionamento e parametri di calcolo

Dati di traffico (gennaio 2017)

- TGM = 7020 (ESAL_{8,2 t})/gg
- TAM ≈ 1.75 milioni (ESAL_{8,2 t})/anno

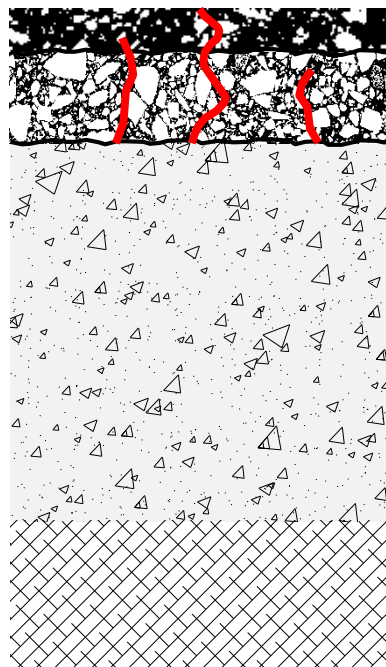
Durata abituale tratto via Sommacampagna < 2 anni

Durata soluzione 7N
 $E_{\text{fond}} = 300 \text{ MPa}$

→ da calcolo → $\frac{0.9}{1.75} \approx 0.5 \text{ anni}$ 

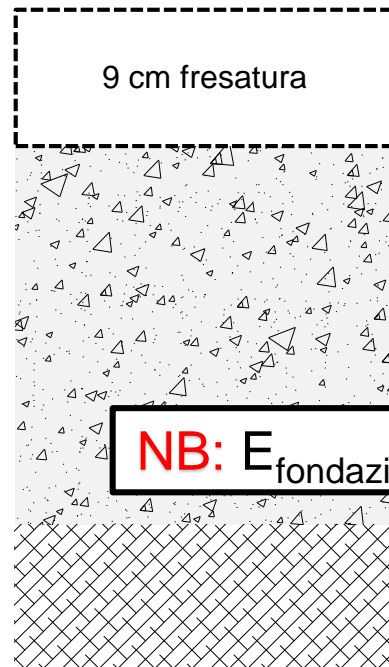
Soluzione 8 - Risanamento superficiale ANAS: tipologia RS1-C

Stato Attuale



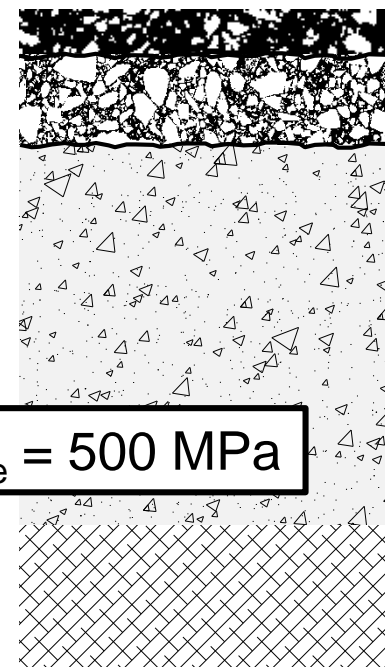
3 cm usura c.b.
6 cm binder in c.b.
25 cm fondazione misto granulare
sottofondo

Stato Modificato 8N



9 cm fresatura

NB: $E_{\text{fondazione}} = 500 \text{ MPa}$

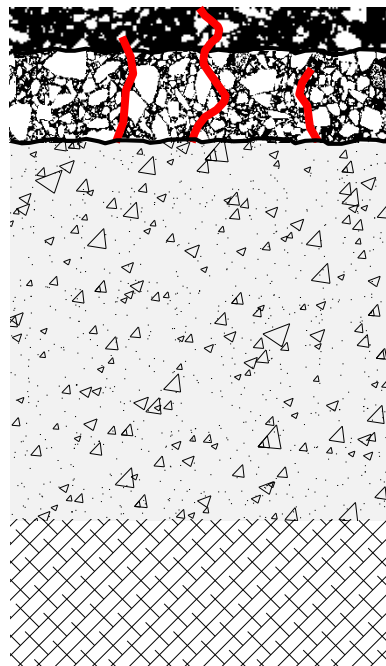


3 cm usura c.b.
6 cm binder in c.b.
25 cm fondazione misto granulare
sottofondo

Durata Soluzione 8N = 2,9 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 8 - Risanamento superficiale ANAS: alternativa alla tipologia RS1-C

Stato Attuale

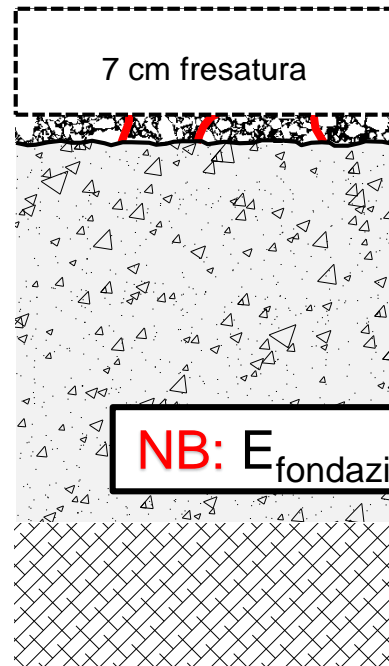


3 cm usura c.b.
6 cm binder in c.b.

25 cm fondazione misto granulare

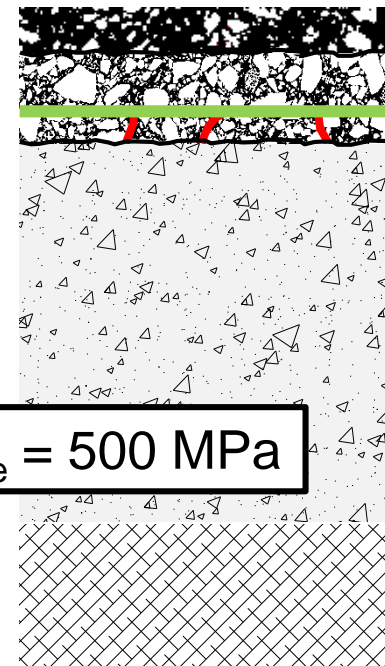
sottofondo

Stato Modificato 8R



7 cm fresatura

NB: $E_{\text{fondazione}} = 500 \text{ MPa}$



3 cm usura c.b.
4 cm binder in c.b. geocomposito

25 cm fondazione misto granulare

sottofondo

Durata Soluzione 8R = 8,5 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 8N-8R

Riepilogo

8R → 8,5 milioni ESAL da 8,2 t = 1,5 milioni ESAL da 12 t

2 cm in meno (su 9) di fresatura e conglomerato bituminoso tradizionale

Incremento del 190% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 7/8 – Interporto di Verona (tratto via Sommacampagna)

Validazione dimensionamento e parametri di calcolo

Dati di traffico (gennaio 2017)

- TGM = 7020 (ESAL_{8,2 t})/gg
- TAM ≈ 1.75 milioni (ESAL_{8,2 t})/anno

Durata abituale tratto via Sommacampagna < 2 anni

Durata soluzione 8N
E_{fond} = 500 MPa

→ da calcolo → $\frac{2.9}{1.75} \approx 1.7$ anni



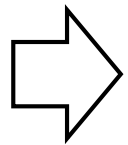
Durata soluzione 8R
E_{fond} = 500 MPa

→ da calcolo → $\frac{8.5}{1.75} \approx 5$ anni

- Soluzione di calcolo lievemente conservativa
- Bontà dei parametri assunti (i.e. E_{fond})

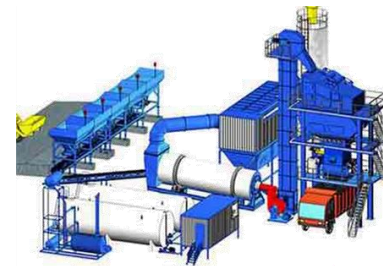
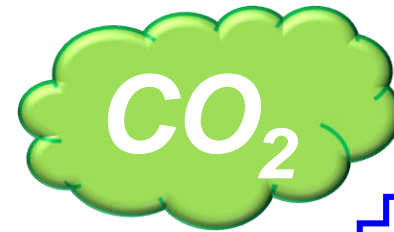
Ecosostenibilità di pavimentazioni rinforzate

"L'uso di geocompositi per il risanamento strutturale ecosostenibile di lunga durata delle pavimentazioni "

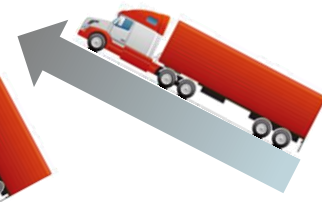


Voci di risparmio:

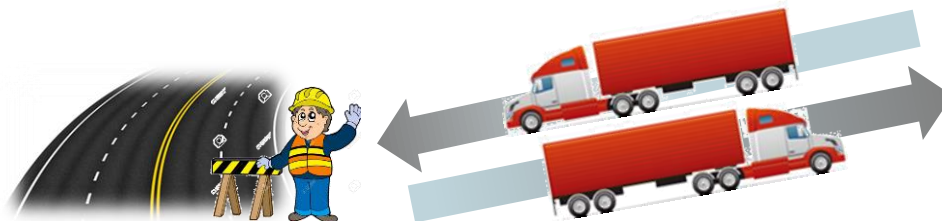
- ↓ fresatura
- ↓ conglomerato prodotto
- ↓ estrazione e lavorazione materie prime
- ↓ trasporto materie prime e fresato
- ↓ danni alla viabilità secondaria



Aggregati

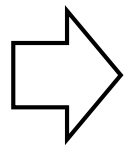


Bitume



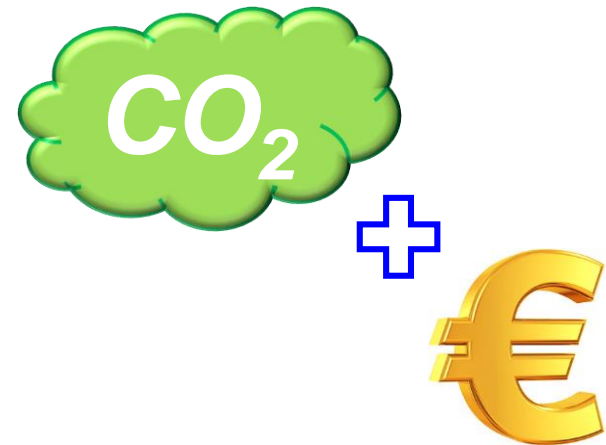
Ecosostenibilità di pavimentazioni rinforzate

"L'uso di geocompositi per il risanamento strutturale ecosostenibile di lunga durata delle pavimentazioni "



Voci di risparmio:

- ↓ fresatura
 - ↓ conglomerato prodotto
 - ↓ estrazione e lavorazione materie prime
 - ↓ trasporto materie prime e fresato
 - ↓ danni alla viabilità secondaria
 - ↓ energia per stesa e compattazione
 - ↓ interventi di manutenzione nel tempo
- etc ...



Ecosostenibilità di pavimentazioni rinforzate

Impatto ambientale: variabili in gioco

– RIDUZIONE DEGLI SPESSORI DI CONGLOMERATO DEGLI STRATI SOVRASTANTI IL RINFORZO

→ riduzione dei **VOLUMI DI CONGLOMERATO** prodotti



- minor sfruttamento di materie prime (bitume e aggregati)
 - riduzione dei mezzi per il trasporto verso l'impianto
- riduzione dei **MEZZI DI TRASPORTO DA E VERSO IL CANTIERE**
 - riduzione del DISTURBO e DANNO alla viabilità secondaria
- riduzione dell'**ENERGIA PER IL FUNZIONAMENTO** dell'impianto
- riduzione dell'**ENERGIA PER LA POSA IN OPERA E LA COMPATTAZIONE**



– RIDUZIONE DEGLI SPESSORI DI FRESATURA

- riduzione delle **AREE DI SMALTIMENTO**
- riduzione dei **MEZZI DI TRASPORTO DA E VERSO IL CANTIERE**
 - riduzione del DISTURBO e DANNO alla viabilità secondaria

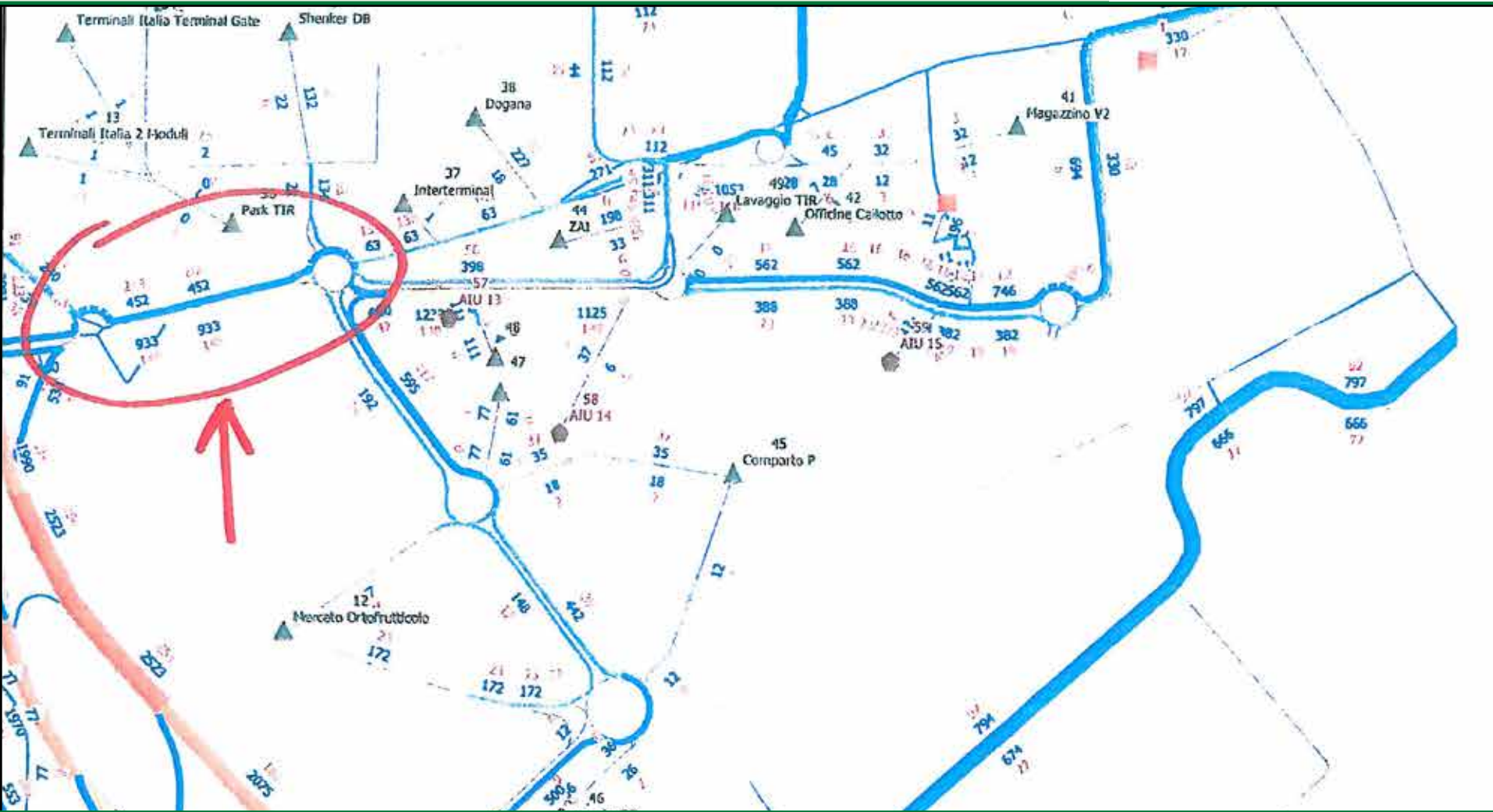


Grazie per l'attenzione



Febbraio 2017

Via Sommacampagna - Interporto di Verona



**Per metà soluzione “INDEX”
(Carreggiata di andata)**

- Fresatura: 7 cm
- Autotene Asfaltico Antipumping
- Binder: 4 cm
- Strati di usura: 3 cm

**Per metà soluzione “Canestrari”:
(Carreggiata di ritorno)**

- Fresatura: 9 cm
- Risagomatura fine: 2 cm
- Autotene Asfaltico Antipumping
- Binder: 4 cm
- Strati di usura: 3 cm

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Nella carreggiata di ritorno già ultimata si possono distinguere i diversi strati



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
gennaio 2018



Carreggiata di andata davanti
al rilevatore di velocità

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
Construction Systems and Products

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
gennaio 2018



1/2 carreggiata di andata

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
Construction Systems and Products

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
gennaio 2018



Fine della carreggiata di andata

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
Construction Systems and Products

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
gennaio 2018



Fine della carreggiata di ritorno

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
Construction Systems and Products