



# XVIII INTERNATIONAL SIIV SUMMER SCHOOL Sustainable Pavements and Road Materials

Università degli Studi di Napoli Parthenope  
Villa Doria d'Angri, Napoli, September 5<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> 2022



## Tecnologie ecosostenibili per la costruzione e la manutenzione a lunga durata delle pavimentazioni stradali: **bitumi modificati HiMA**

5-9

SEP  
TEM  
BER

Università di Napoli Parthenope

.22



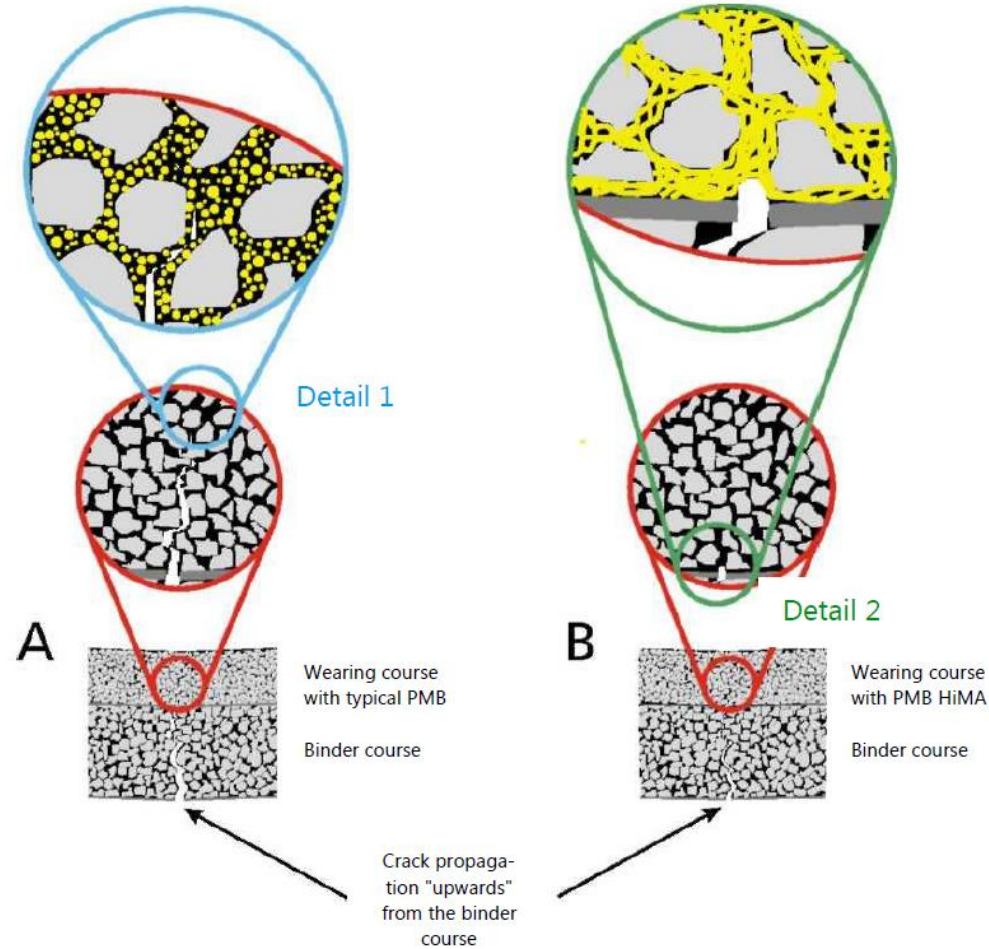
Massimo Paolini  
Valli Zabban Spa

La sostenibilità nella costruzione di una strada è uno dei fattori chiave che influenzano l'ambiente globale, l'economia e il futuro sviluppo sociale.

La **sostenibilità** di una pavimentazione stradale passa per la sua **durata** e per gli interventi programmati per la sua manutenzione nel corso della sua vita utile.

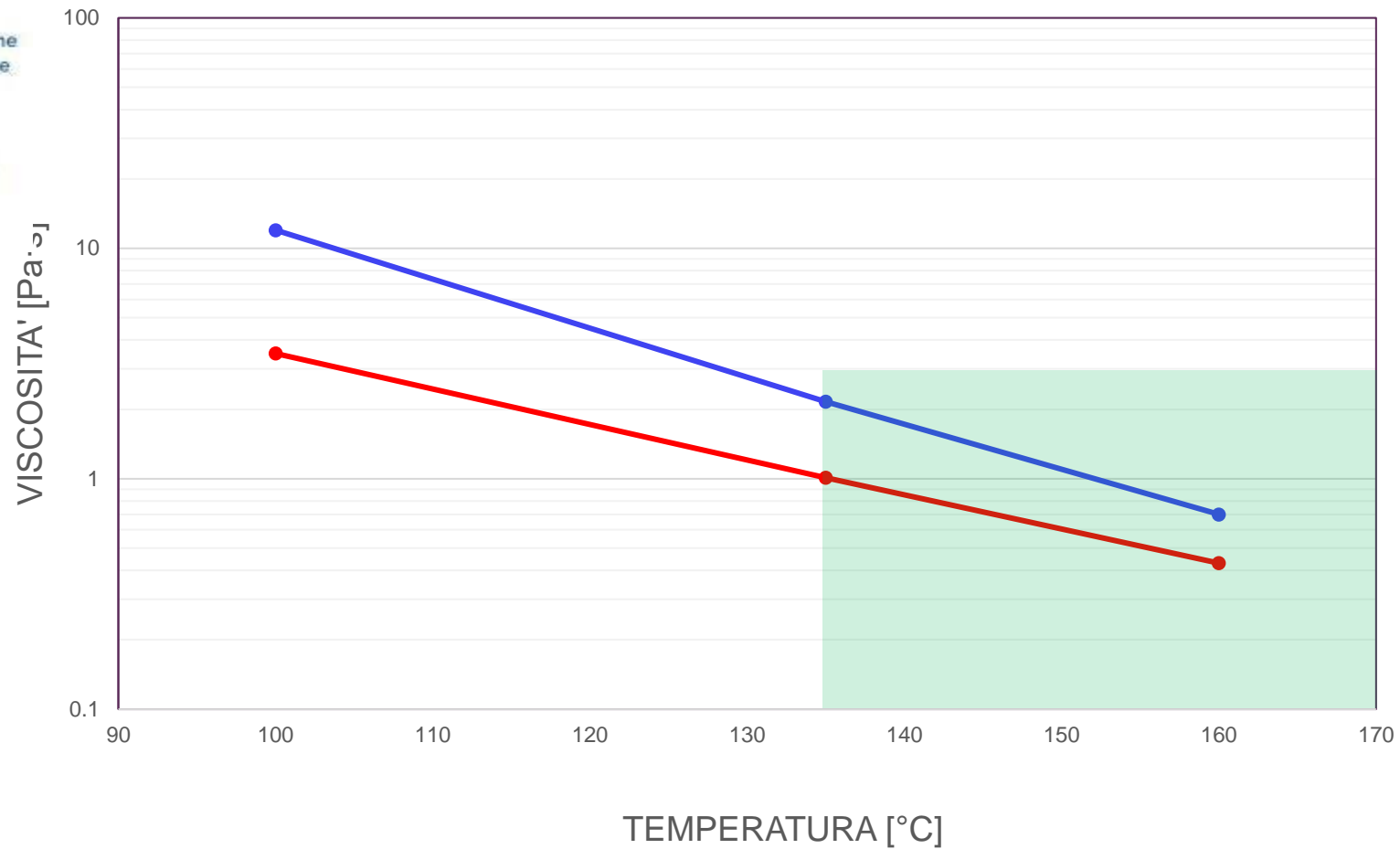
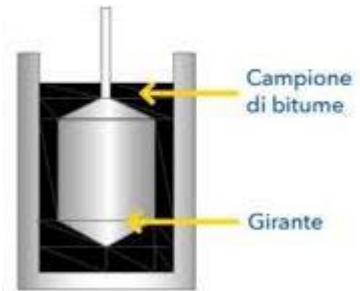
E' necessario garantire una maggior durata dell'efficienza funzionale e strutturale dell'opera stradale tenendo conto dell'evoluzione dei fenomeni di fatica, deformazioni e perdita di funzionalità in relazione alle condizioni climatiche e di traffico a cui l'opera è sottoposta

In questo contesto gioca un ruolo fondamentale il legante bituminoso che deve essere in grado di garantire prestazioni superiori rispetto ai tradizionali bitumi modificati attualmente disponibili in commercio



## CURVA DI VISCOSITA'

$\eta$  a 135°C < 3.0 Pa·s



—●— DRENOVAL PBT  
—●— PmB HARD



+



+



**INVECCHIAMENTO  
A BREVE TERMINE**

+



**INVECCHIAMENTO  
A LUNGO TERMINE**

**RTFOT – UNI EN 12607-1**

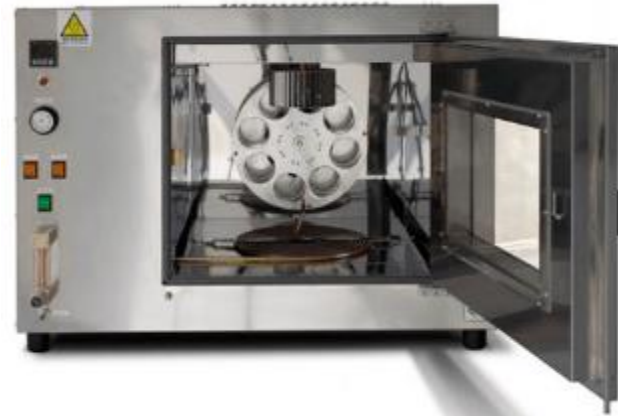
Rolling Thin Film Oven Test

**Condizioni di prova:**

Temperatura 163 °C

Tempo 75 min

Aria 4 l/min



**PAV – UNI EN 14769**

Pressure Aging Vessel

**Condizioni di prova:**

Temperatura 100 °C

Tempo 20 ore

Pressione 2,1 MPa







## RESISTENZA ALLE DEFORMAZIONI PERMANENTI

**PROVE REOLOGICHE SUL LEGANTE dopo RTFOT**

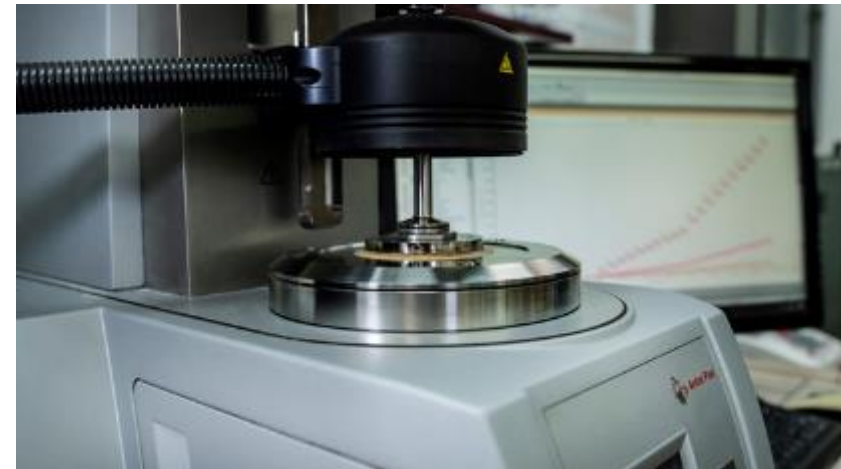
**TEST IN REGIME OSCILLATORIO CON DSR**

*Determinazione a 10 rad/sec con PP25 mm*

*- modulo complesso  $G^*$*

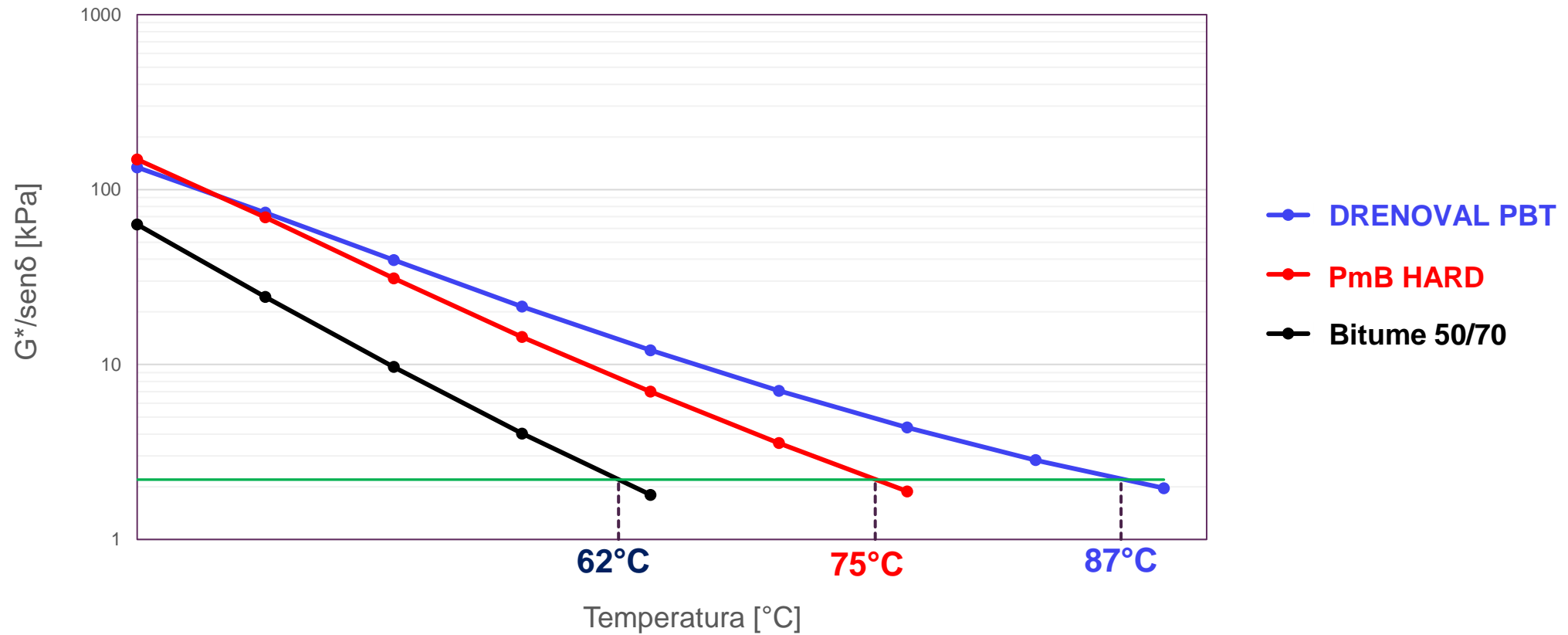
*- angolo di fase  $\delta$*

Temperatura  **$G^*/\sin\delta > 2,2$  kPa**



## PERMANENT DEFORMATION

$$T = G^*/\text{sen}\delta > 2,2 \text{ kPa}$$



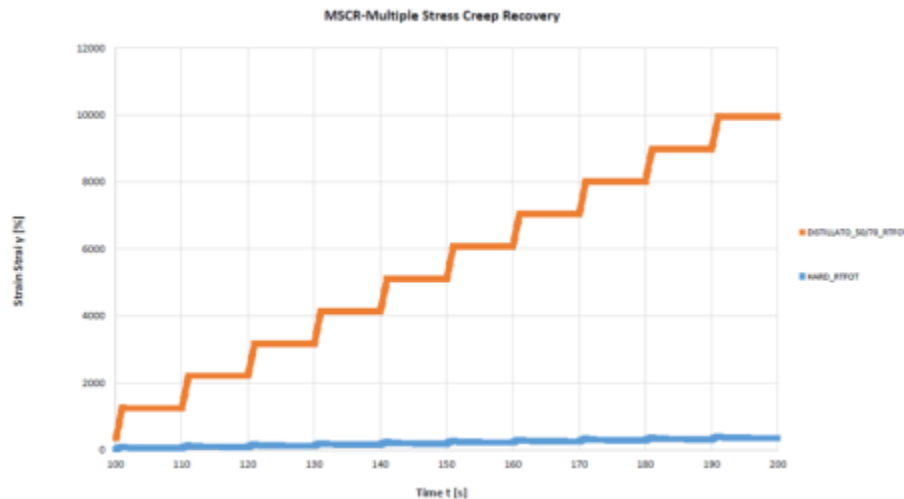


# RESISTENZA ALLE DEFORMAZIONI PERMANENTI

Non è possibile valutare la resistenza alle deformazioni permanenti solo attraverso determinazioni in regime oscillatorio in quanto i carichi a cui sarà sottoposta la pavimentazione potrebbero indurre deformazioni che non rientrano nel campo di viscoelasticità lineare

## MSCR Multi Stress Creep Recovery UNI EN16659

**Determinazione del valore di  $J_{NR}$  e del ritorno elastico a 3,2 kPa di stress applicato a 64°C**



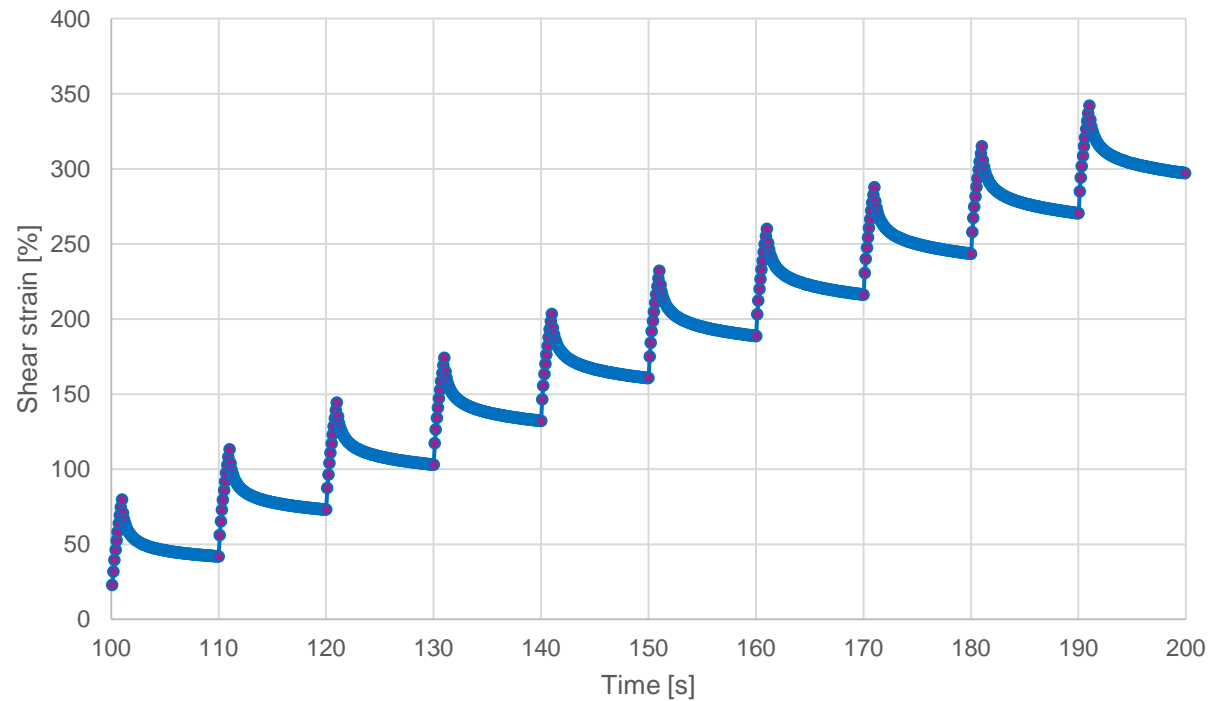
*Il test prevede un creep di 1 sec seguito da 9 sec di recovery ripetuto per 10 cicli*

*Si determina il valore di  $J_{NR}$  come media delle deformazioni non recuperate  
 Si determina il valore di recupero elastico espresso in % come media delle deformazioni recuperate*

## MULTI STRESS CREEP RECOVERY (UNI EN 16659)

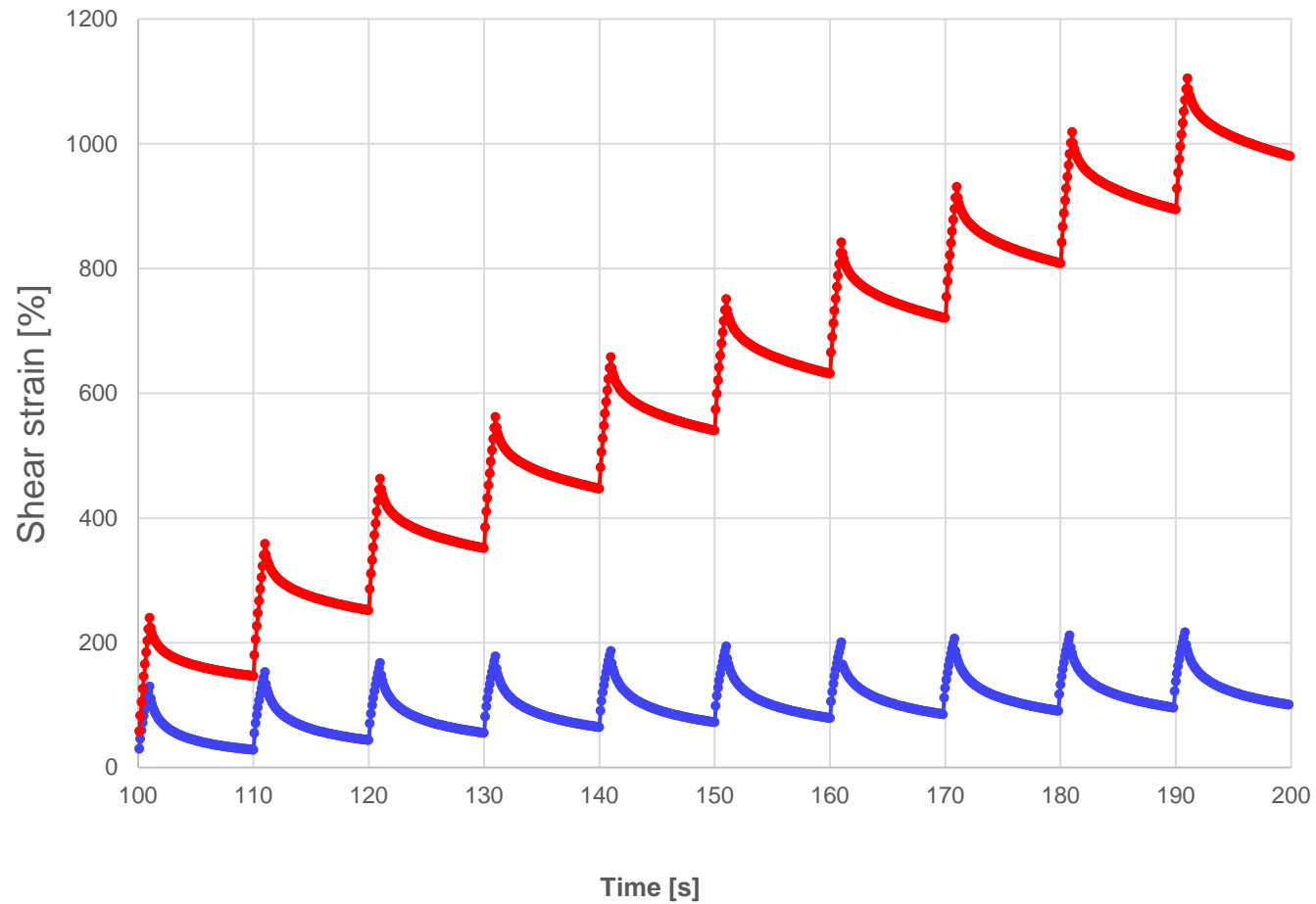
Determinazione dell'elasticità del legante sottoposto a bassi carichi e deformazioni

TYPICAL CREEP-RECOVERY CURVE AFTER 10  
CONSECUTIVE CYCLES



$J_{NR}$ a 3,2 kPa <sup>-1</sup>		Volume Traffico
< 1	Estremo	> 30 mil ESAL anche statici
1-2	Very Heavy	> 30 mil ESAL in movimento
2-3	Heavy	10÷30 ESAL
3-4	Standard	< 10 mil ESAL

### MSCR - MULTIPLE STRESS CREEP-RECOVERY TEST CREEP-RECOVERY CURVE AFTER 10 CONSECUTIVE CYCLES 3,2 kPa



$T = 64^{\circ}\text{C}$ $\sigma = 3,2 \text{ kPa}$	$J_{NR}$ $\text{kPa}^{-1}$	RE %	
<b>PmB HARD</b>	<b>0,299</b>	<b>54,8</b>	<b>E</b>
<b>DRENOVAL PBT</b>	<b>0,038</b>	<b>92,1</b>	<b>E</b>



## RESISTENZA ALLE FESSURAZIONI A FATICA

**PROVE REOLOGICHE SUL LEGANTE dopo RTFOT e PAV**

**TEST IN REGIME OSCILLATORIO CON DSR**

*Determinazione a 10 rad/sec con PP8 mm*

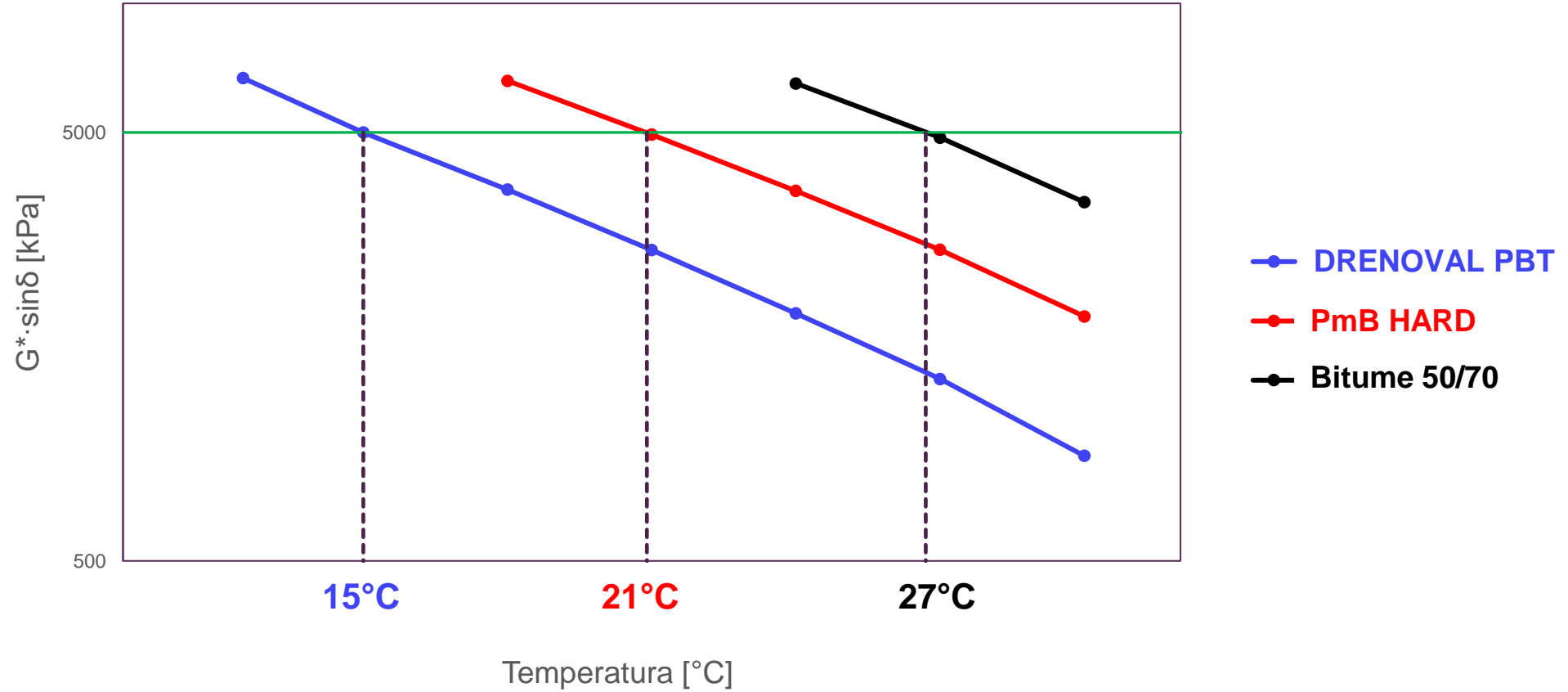
- modulo complesso  $G^*$
- angolo di fase  $\delta$

Temperatura  $G^* \cdot \sin \delta < 5000 \text{ kPa}$



## FATIGUE CRACKING

$$T = G^* \cdot \sin \delta < 5000 \text{ kPa}$$





## RESISTENZA ALLE FESSURAZIONI TERMICHE

**PROVE REOLOGICHE SUL LEGANTE dopo RTFOT e PAV**

**TEST DINAMICO CON REOMETRO BBR**

*Determinazione del valore di Stifness a temperature inferiori a 0°C*

- *Prova su travetto*
- *Determinazione della temperatura di Creep Stifness*
- *Determinazione dell' M Value*

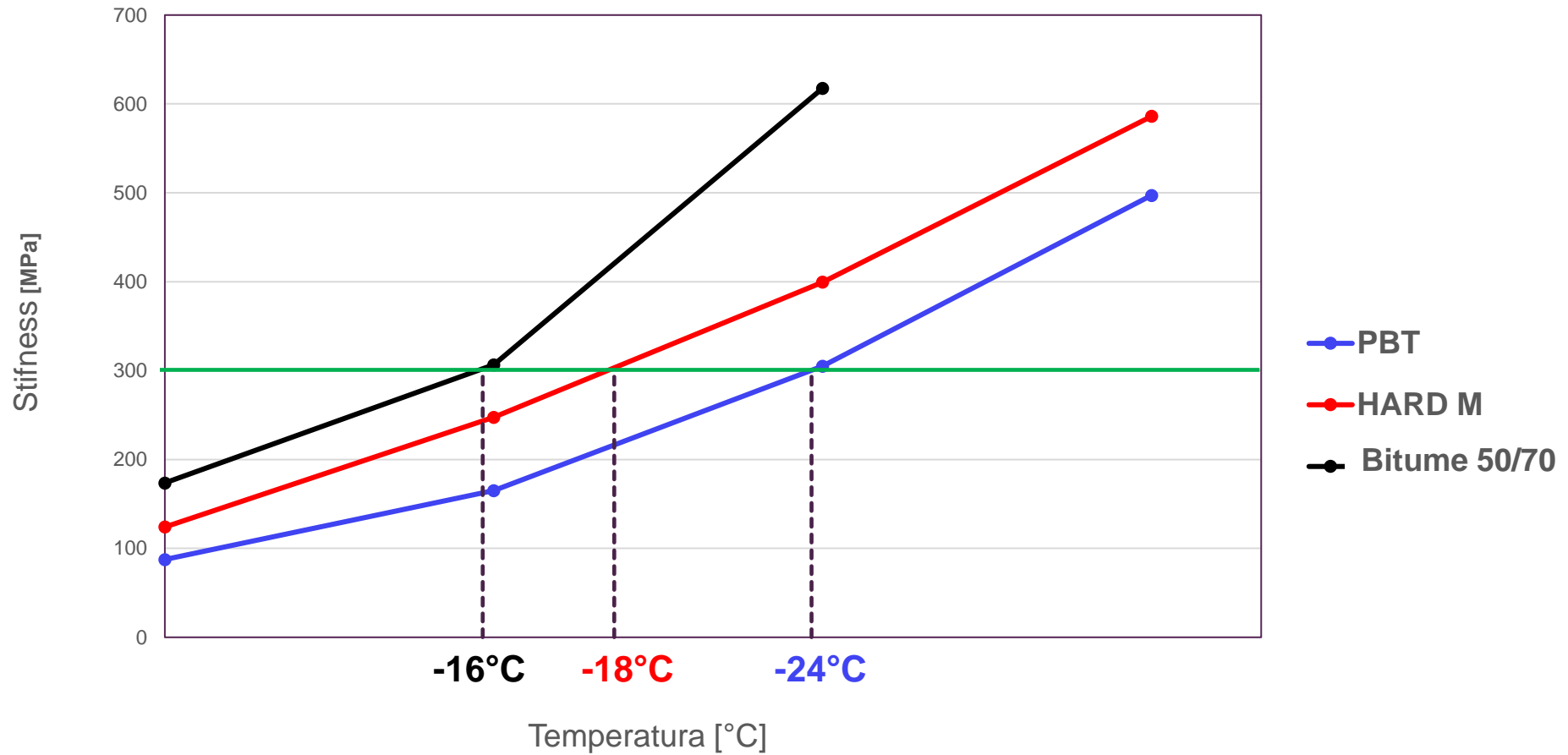
Temperatura **Stifness 300 MPa**





## LOW TEMPERATURE CRACKING

BBR T = S ≤ 300 MPa



SCHEDA TECNICA	Caratteristiche	Proprietà	Metodo	U.d.M.	Prestazione	Classe
	Consistenza alle temperature intermedie di servizio	<i>Penetrazione a 25°C</i>	UNI EN 1426	dmm	<b>25-55</b>	3
	Consistenza alle temperature elevate di servizio	<i>Punto di Rammollimento P.A.</i>	UNI EN 1427	°C	<b>&gt; 85</b>	2
	Coesione	<i>Force Ductility Test a 10°C</i>	UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	<b>&gt; 5.0</b>	7
		<i>Variazione di massa</i>	-	%	<b>&lt; 0.5</b>	3
	Resistenza all'invecchiamento a breve termine RTFOT EN12607-1	<i>Penetrazione a 25°C residua</i>	UNI EN 1426	%	<b>&gt; 80</b>	7
		<i>Incremento del punto di rammollimento P.A.</i>	UNI EN 1427	°C	<b>&lt; 5.0</b>	2
		<i>MSCR @60°C – J<sub>NR, 3.2kPa</sub></i>	UNI EN 16659	kPa <sup>-1</sup>	<b>&lt; 0.10</b>	
		<i>MSCR @60°C – R<sub>3.2kPa</sub></i>	UNI EN 16659	%	<b>&gt; 75</b>	
		<i>Permanent deformation (T=G*/sen δ &gt;2.2kPa)</i>	EN 14770	°C	<b>&gt; 85</b>	
Resistenza all'invecchiamento a lungo termine RTFOT+PAV EN12607-1 EN14769	<i>Fatigue cracking (T=G*·sen δ &lt; 5000 kPa)</i>	EN 14770	°C	<b>&lt; 16</b>		
	<i>Low temperature cracking (BBR T=S ≤300 MPa)</i>	EN 14771	°C	<b>&lt;-24</b>		
Infiammabilità	<i>Flash point</i>	EN ISO 2592	°C	<b>250</b>	2	
Viscosità dinamica	<i>Viscosità a 160°C</i>	UNI EN 13302	Pa.s	<b>&lt; 0.90</b>		
Recupero di deformazione	<i>Ritorno Elastico a 25°C.</i>	UNI EN 13398	%	<b>95</b>	2	
Stabilità allo stoccaggio EN13399	<i>Δ Punto di rammollimento.</i>	UNI EN 1427	°C	<b>5</b>	2	
	<i>Δ Penetrazione a 25°C</i>	UNI EN 1426	°C	<b>9</b>	2	

 <b>1982</b>
<b>Valli Zabban Spa</b> <i>Stabilimento di Bologna</i> Via del traghetto, 42 – 40131 Bologna BO
<b>12</b> 1982- CPR - 540
<b>EN 14023</b> DRENOVAL PBT PmB 25/55-80 HIMA



*Campo prova **DRENOVAL PBT**  
E66 della Val Pusteria  
nuovo svincolo per la Val Badia  
Luglio 2021*

## PARTNER PER LA SPERIMENTAZIONE











Applicazione della meccanica della frattura per la valutazione della differenza di decadimento prestazionale tra un conglomerato prodotto con bitume modificato tradizionale e uno prodotto con **DRENOVAL PBT**.

## Drenoval Hard M

PMB 45/80 - 70

## Drenoval PBT

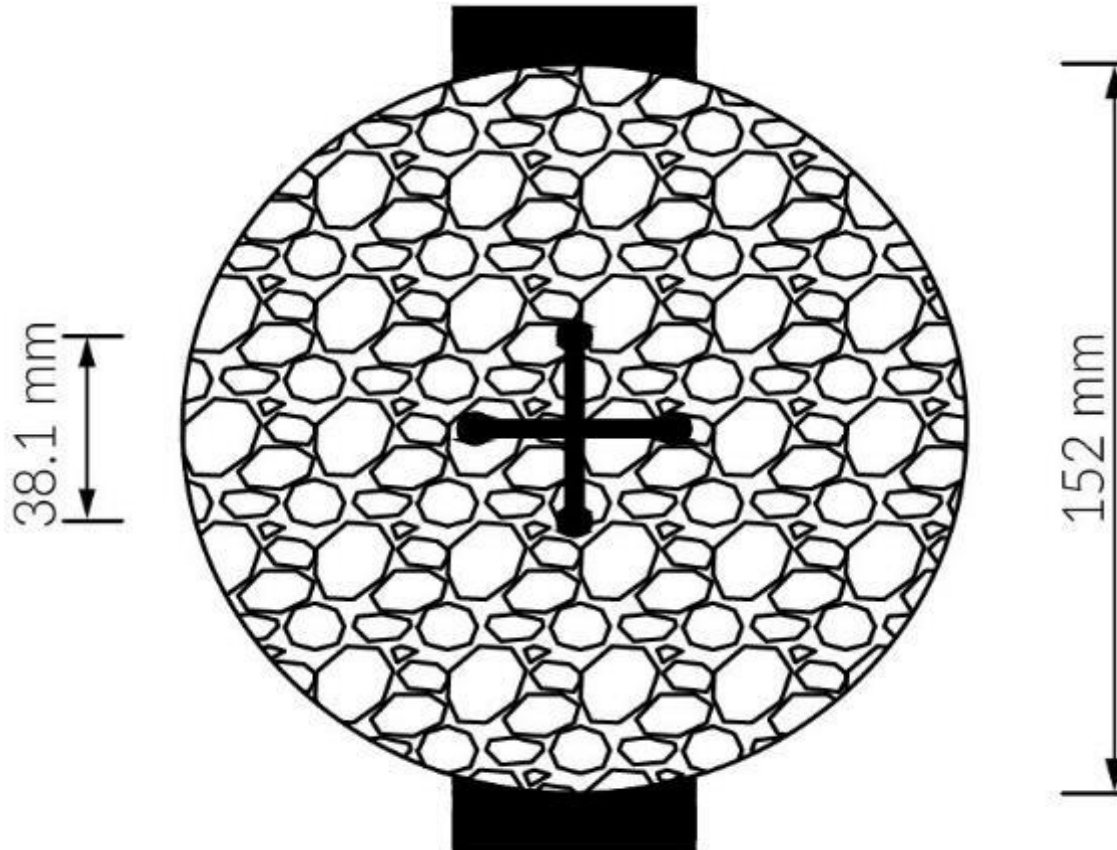
Bitume modificato HiMA

PMB 45/80 - 70

## Strato di binder

AC-20 da campo prova

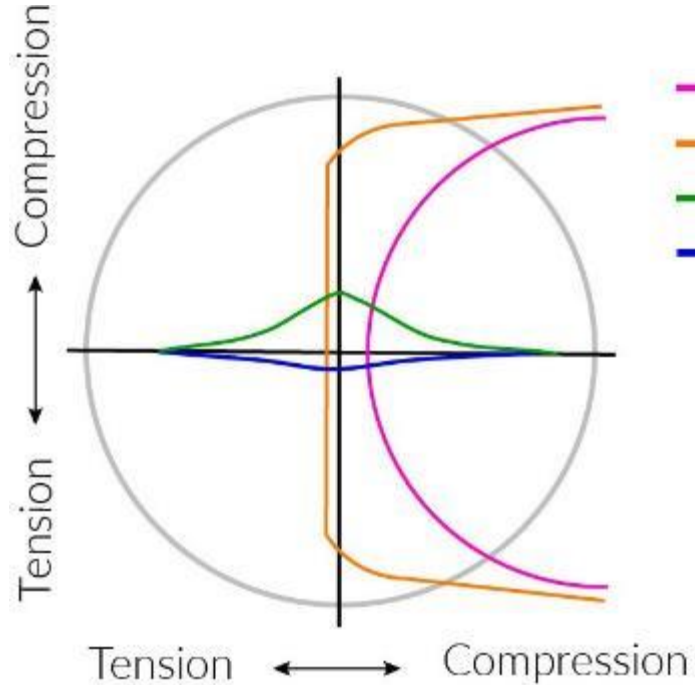




## *Prova IDT SuperPave*

La prova scelta permette di caratterizzare meccanicamente il conglomerato mediante l'esecuzione di tre prove in successione condotte a **10°C**

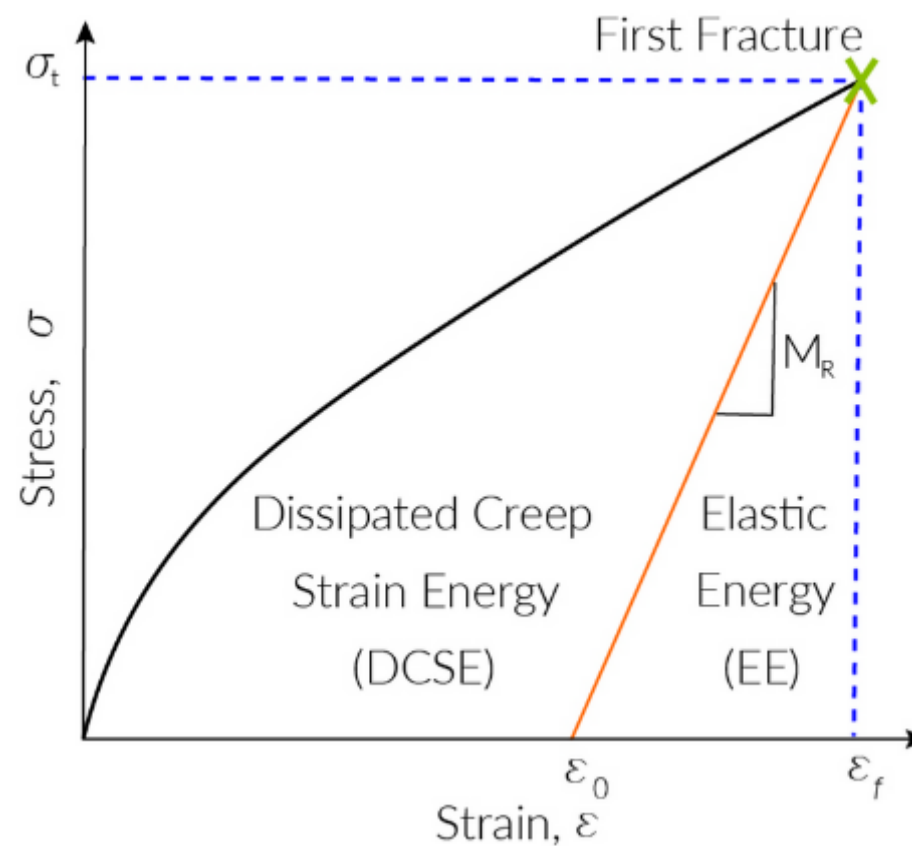
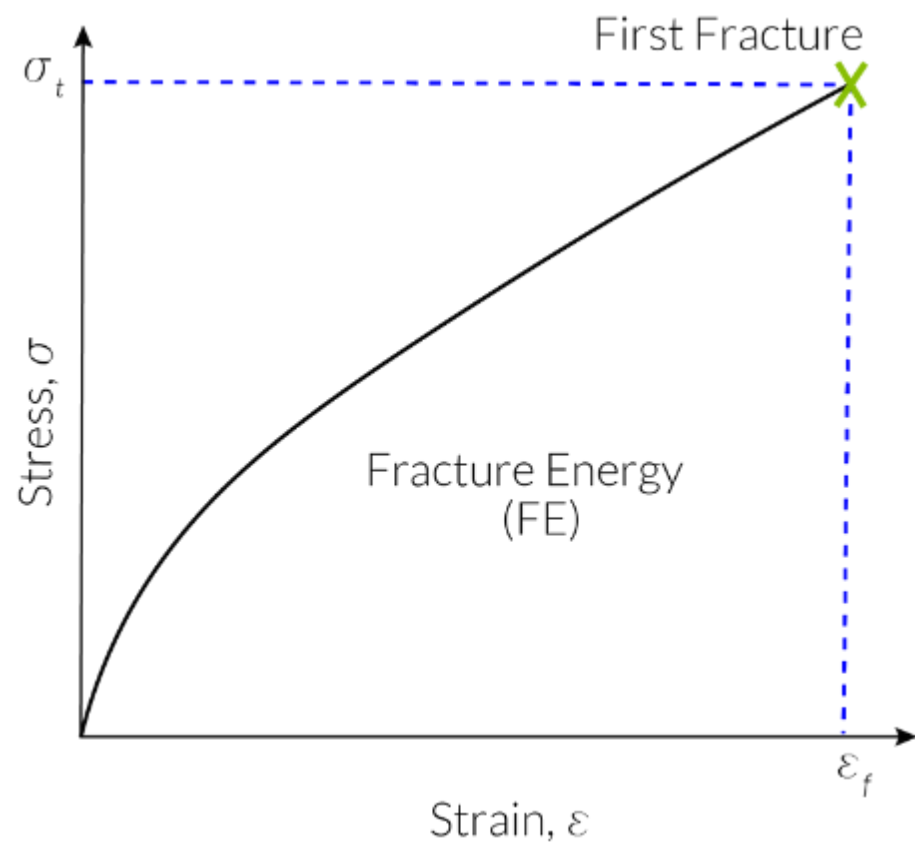
- Step 1** Modulo Resiliente
- Step 2** Creep Compliance
- Step 3** Tensile Strength



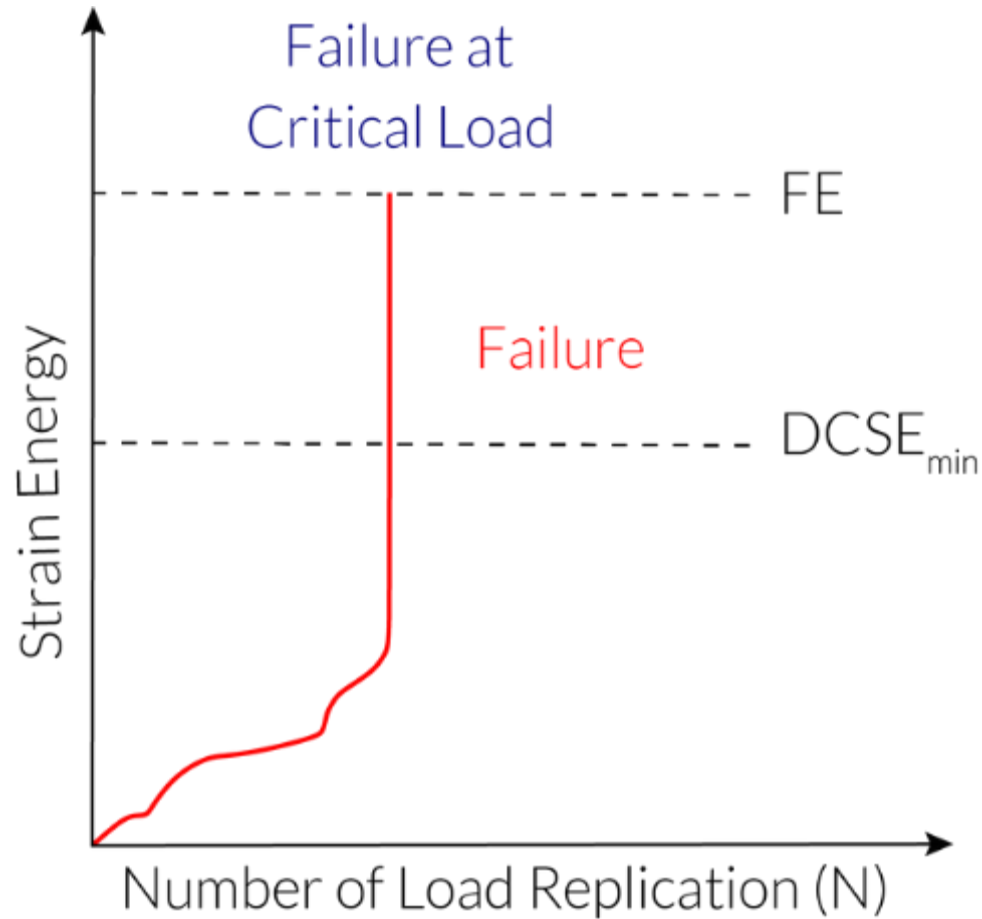
- Vertical stress Y-axis
- Horizontal stress Y-axis
- Vertical stress X-axis
- Horizontal stress X-axis

Lo stato tensionale assimilabile a quello in sito\*.

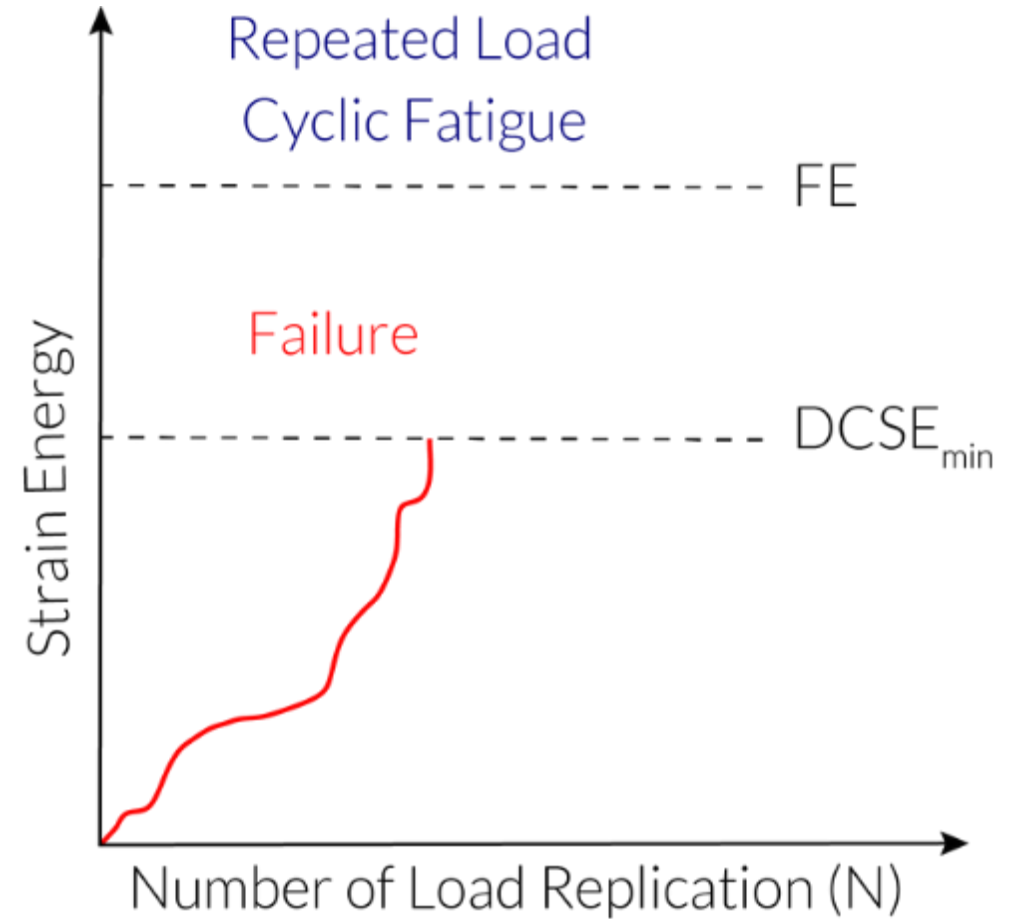
\* R. Roque, W. G. Buttlar, Development of a measurement and analysis system to accurately determine asphalt concrete properties using the indirect tensile mode, Asphalt Paving Technology: Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings of the Technical Sessions 61 (1992) 304–332.



## Fracture Energy



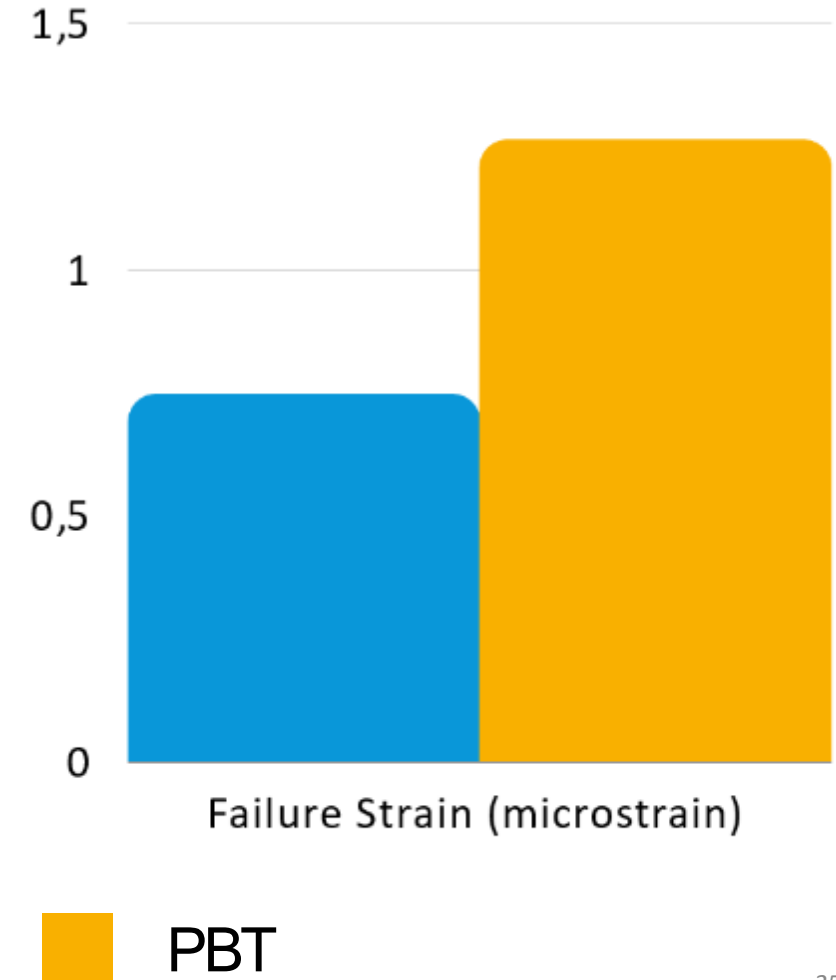
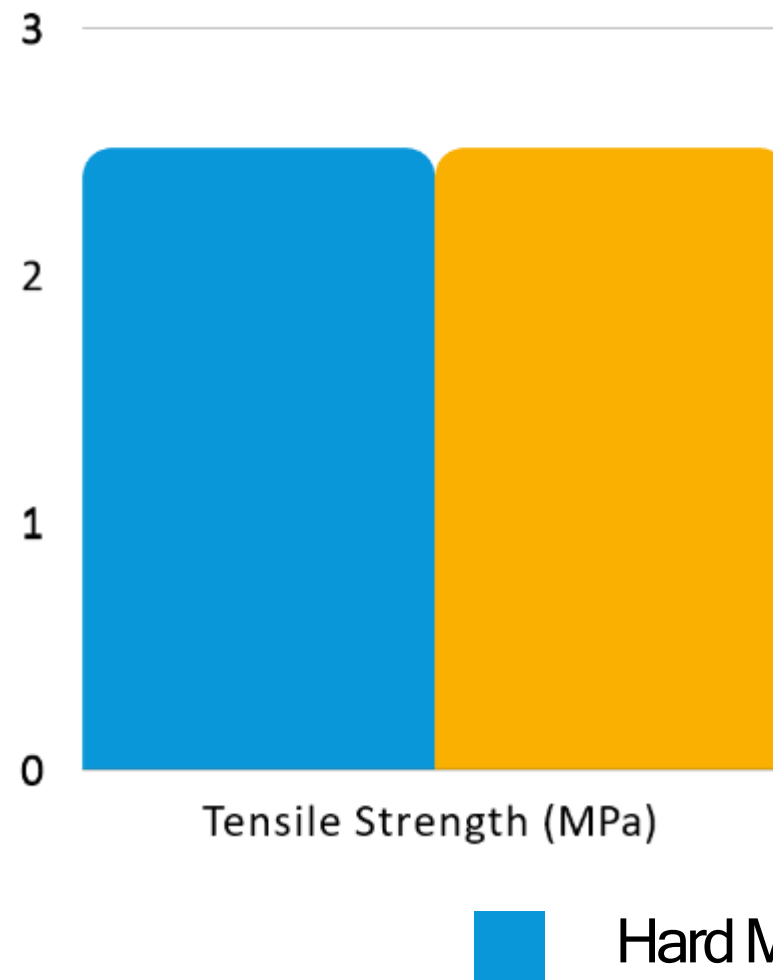
## Dissipated Creep Strain Energy





## Tensile Strength

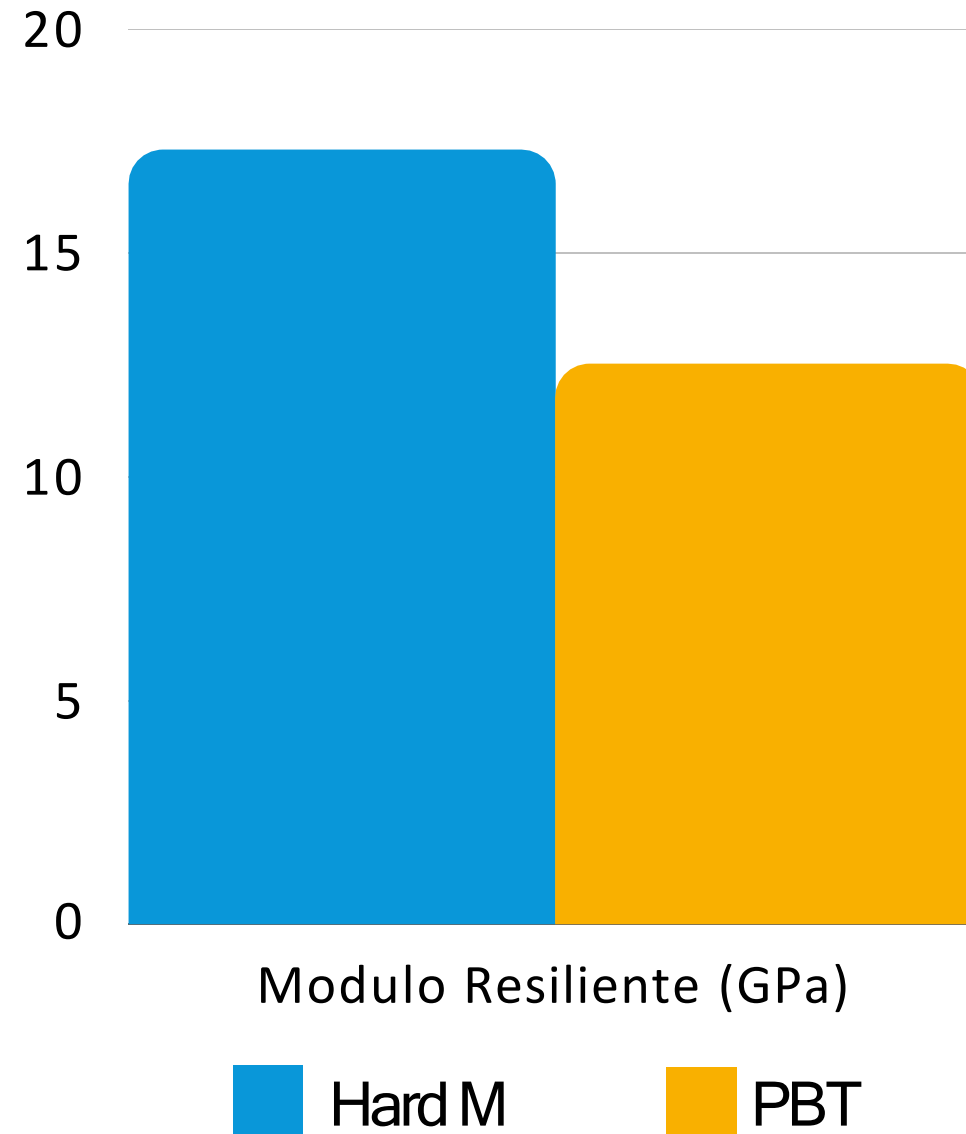
Resistenza a trazione in campo visco-elastico.





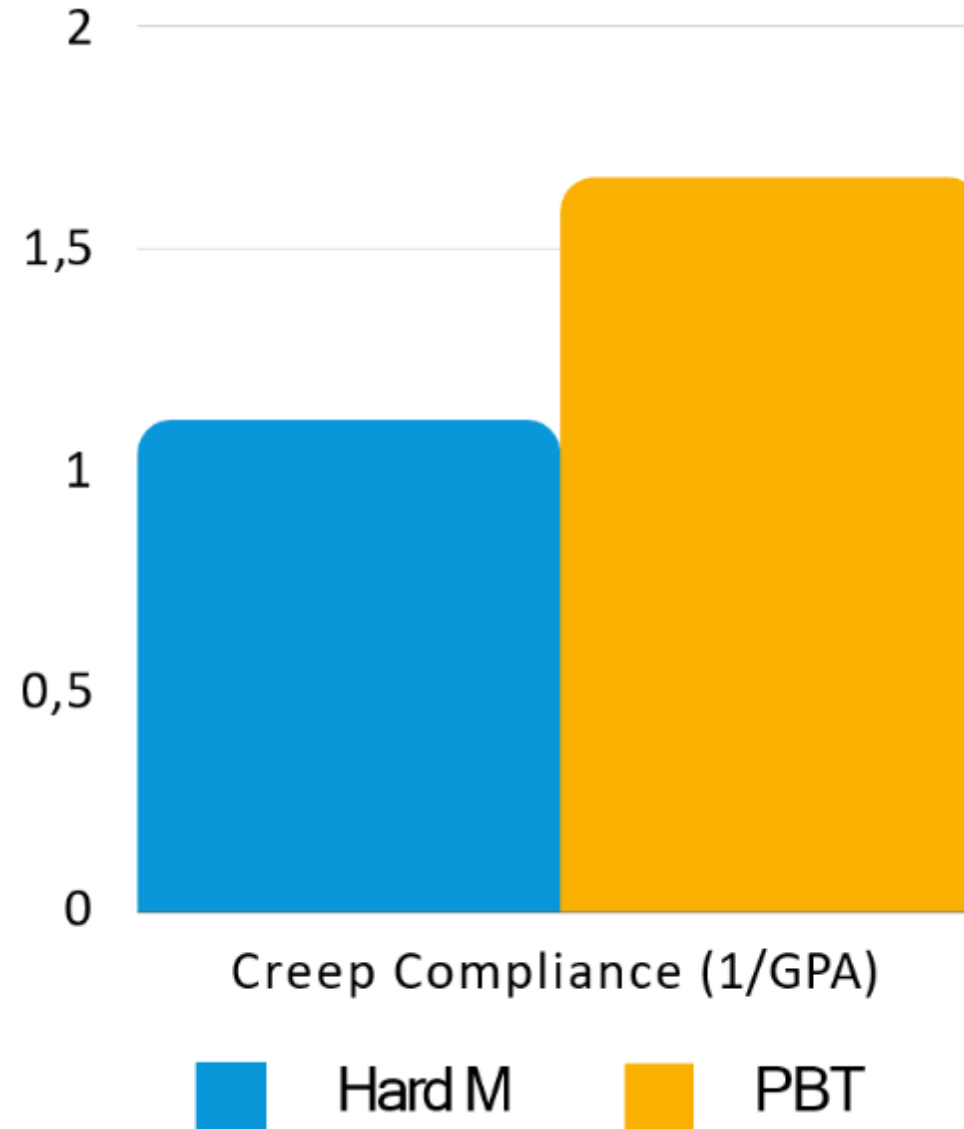
## Modulo Resiliente

Descrive la rigidezza elastica del materiale. Dipende dalla distribuzione granulometrica degli aggregati.



## Creep Compliance

Descrive la capacità di accumulo delle deformazioni dovute ai carichi statici.

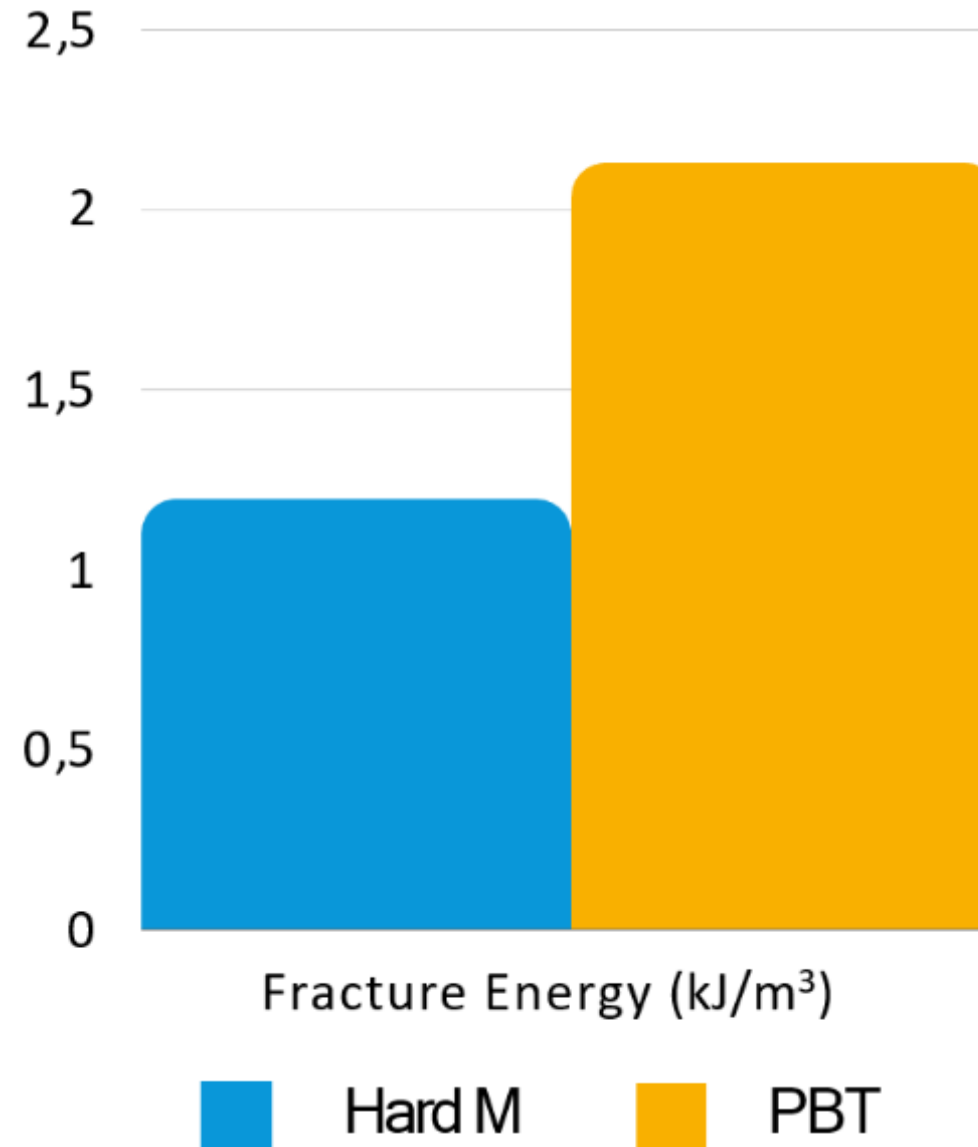


## Fracture Energy

È l'energia richiesta per fessurare il materiale con un unico carico.  
Definisce l'innesco della fessurazione.

È formata da due componenti:

- 1 Dissipated Creep Strain Energy (DCSE);
- 2 Elastic Energy (EE).

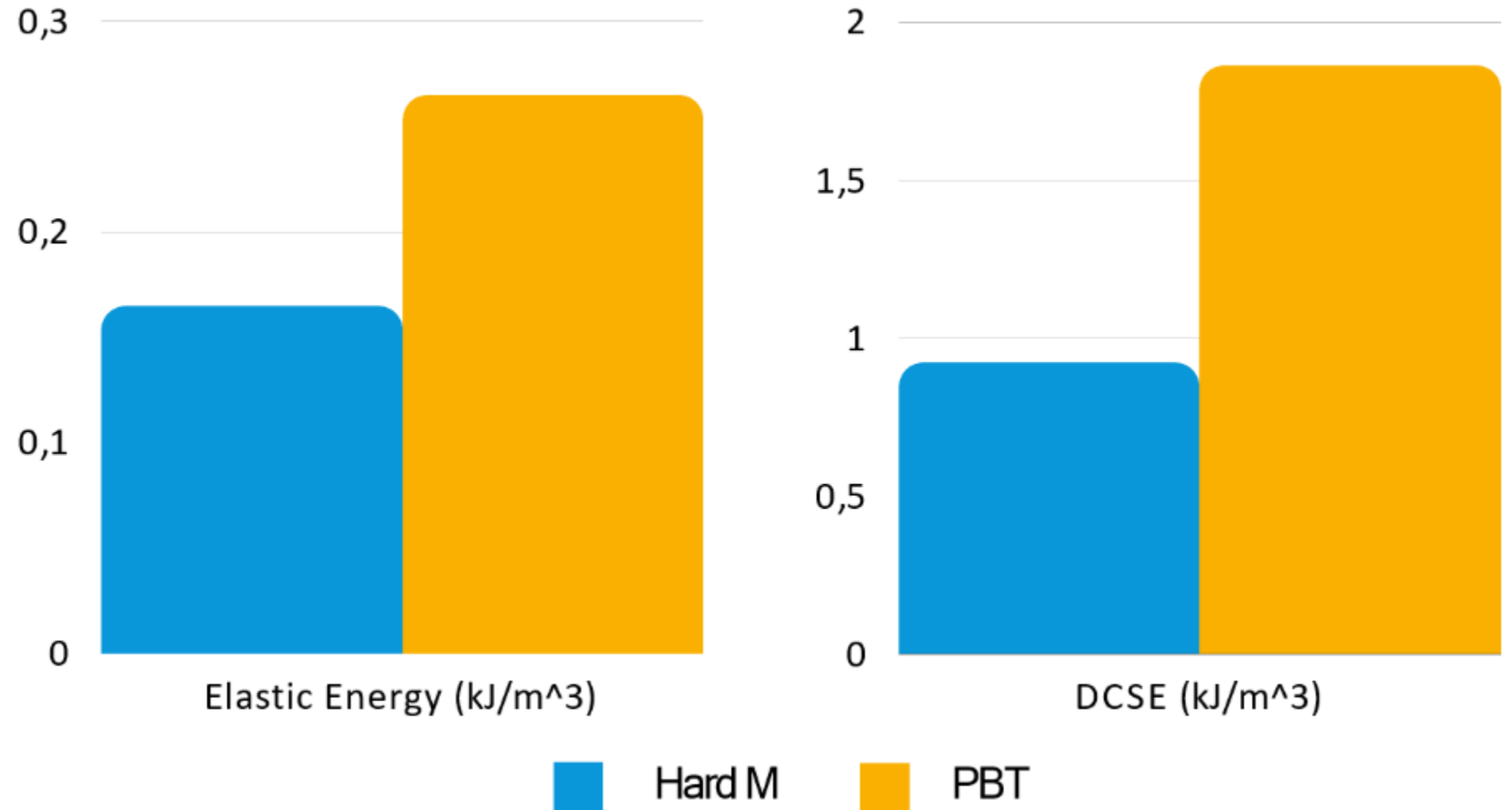


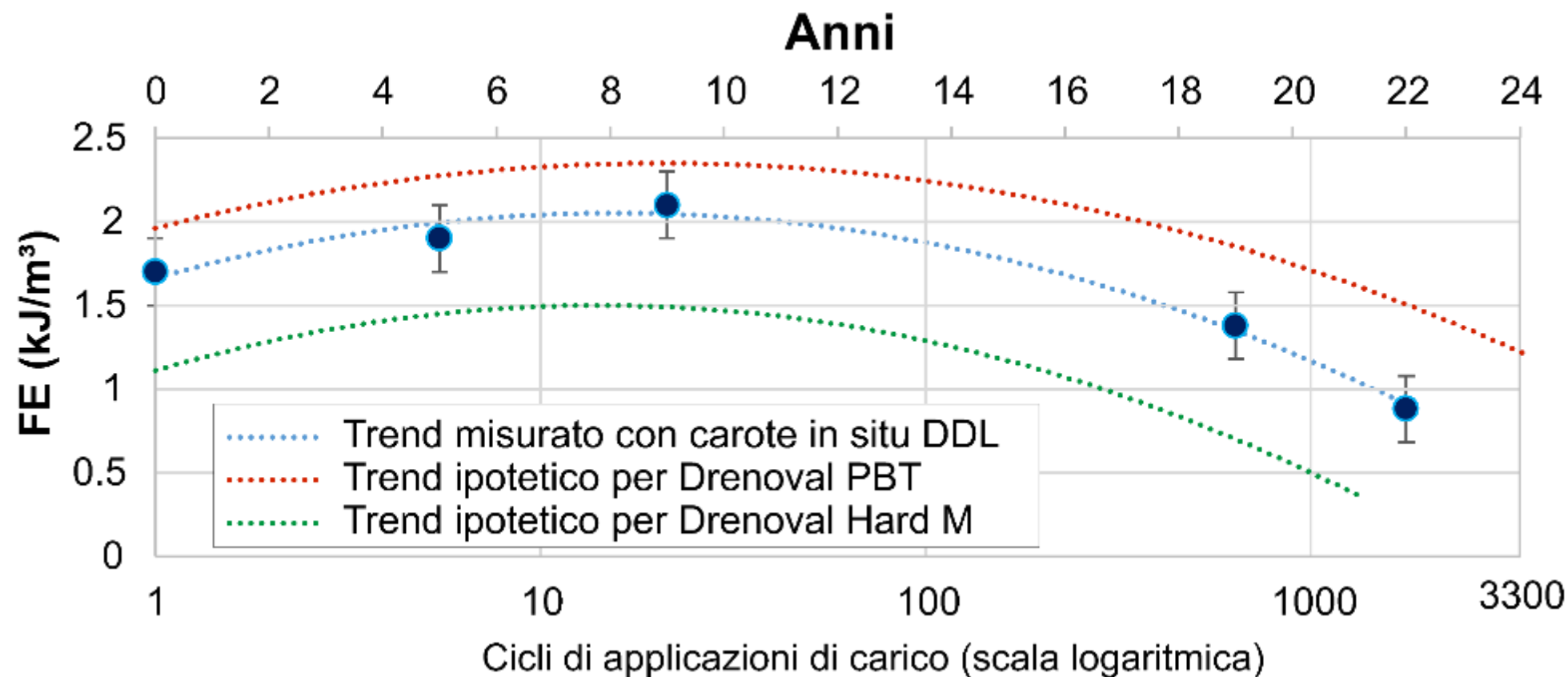
## Elastic Energy

Descrive l'energia elastica.

## DCSE

Descrive la capacità di dissipazione energetica dovuta ai carichi ciclici.





## Capacità meccaniche

Il bitume Drenoval PBT risulta avere ottime capacità meccaniche. In particolare la capacità di deformazione è altamente migliorata rispetto ai bitumi modificati hard.

## Capacità energetica

La capacità di dissipazione energetica sotto carichi ciclici è ampiamente aumentata quando il Drenoval PBT è utilizzato per confezionare i conglomerati.

## Ecosostenibilità

La capacità dissipativa del Drenoval PBT sotto i carichi ciclici consente di incrementare la vita utile delle pavimentazioni diminuendo gli interventi di manutenzione. Questo comporta una riduzione dell'emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dalla produzione, trasporto e messa in opera del conglomerato bituminoso.



***PASSO LA PAROLA AL PROF. BOCCI***