

# Materiali bituminosi innovativi

## Prima parte

***Prof. Ing. Felice Giuliani***



*Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente,  
del Territorio e Architettura*

Università degli Studi di Parma

## Cosa c'è di innovativo?

- 1) *Prodotti bituminosi con specifiche caratteristiche funzionali.*
- 2) *Leganti bituminosi con nuove funzioni strutturali.*
- 3) *Studio di formulazioni vantaggiose*

*soluzioni eco-sostenibili*  
*implicazioni di carattere tecnico-economico*

In questa lezione:

Il **legante** come “soggetto privilegiato”.

Il **laboratorio** come “luogo eletto” della sperimentazione.

La **struttura della ricerca** prevale sul dettaglio del risultato.

## **Prodotti bituminosi con specifiche caratteristiche funzionali**

- 1) Bitumi e resine resistenti alle aggressioni chimiche (carburanti).*
- 2) Leganti bituminosi trasparenti e colorati.*



## ***Bitumi e resine resistenti alle aggressioni chimiche (carburanti)***

***1) Infrastrutture stradali ed aeroportuali.***

***2) Soluzioni Coal free.***

***3) Soluzioni collaterali***



## BITUMI E RESINE RESISTENTI ALLE AGGRESSIONI CHIMICHE

Classificazione in base alla resistenza al kerosene

K0

Superficie non soggetta al contatto con idrocarburi

K1

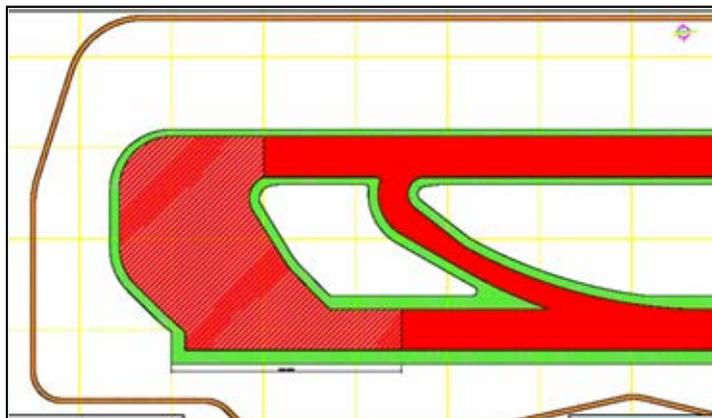
Livello di attacco da idrocarburi basso

K2

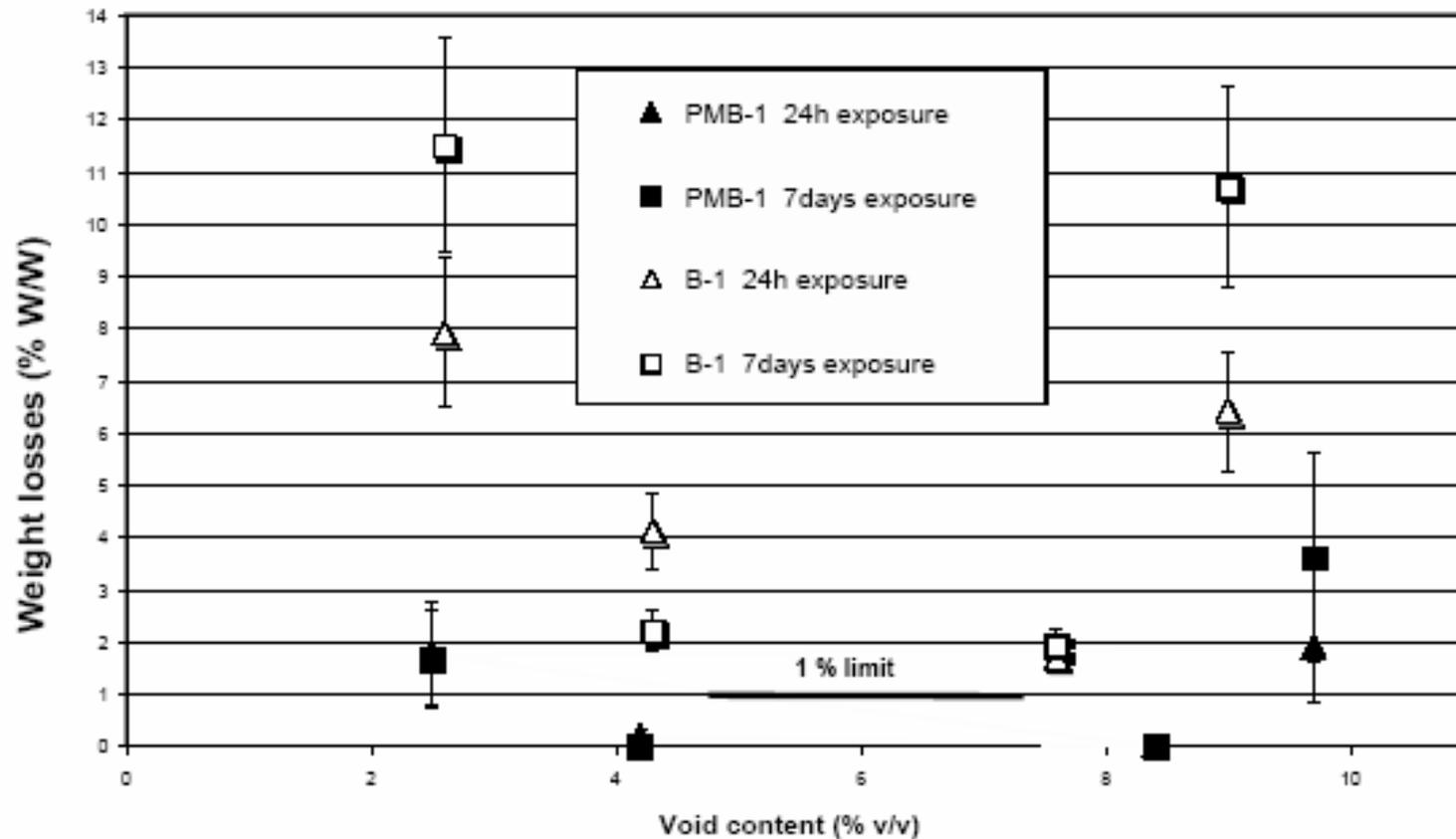
Livello di attacco da idrocarburi moderato

K3

Livello di attacco da idrocarburi elevato



## Conglomerati bituminosi anticarburante: il ruolo della formulazione



(A. Seive & C. Leroux, 2004)

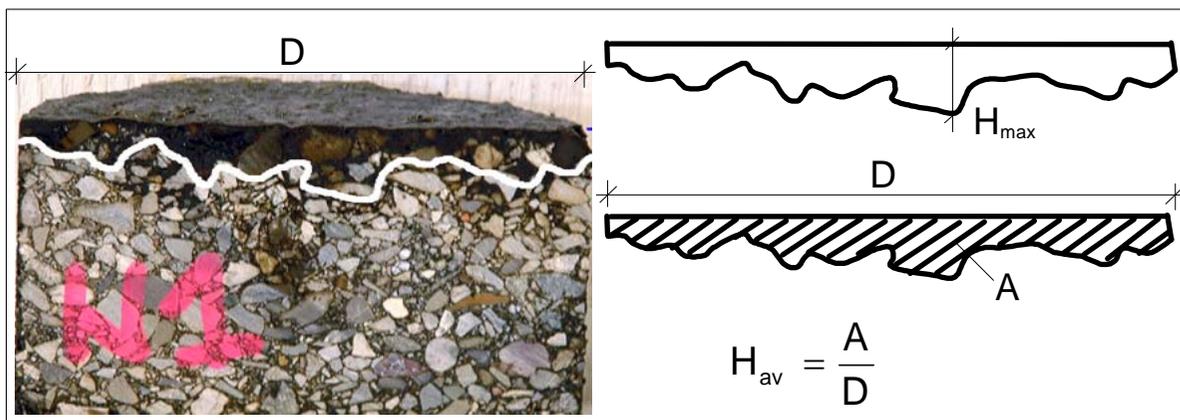
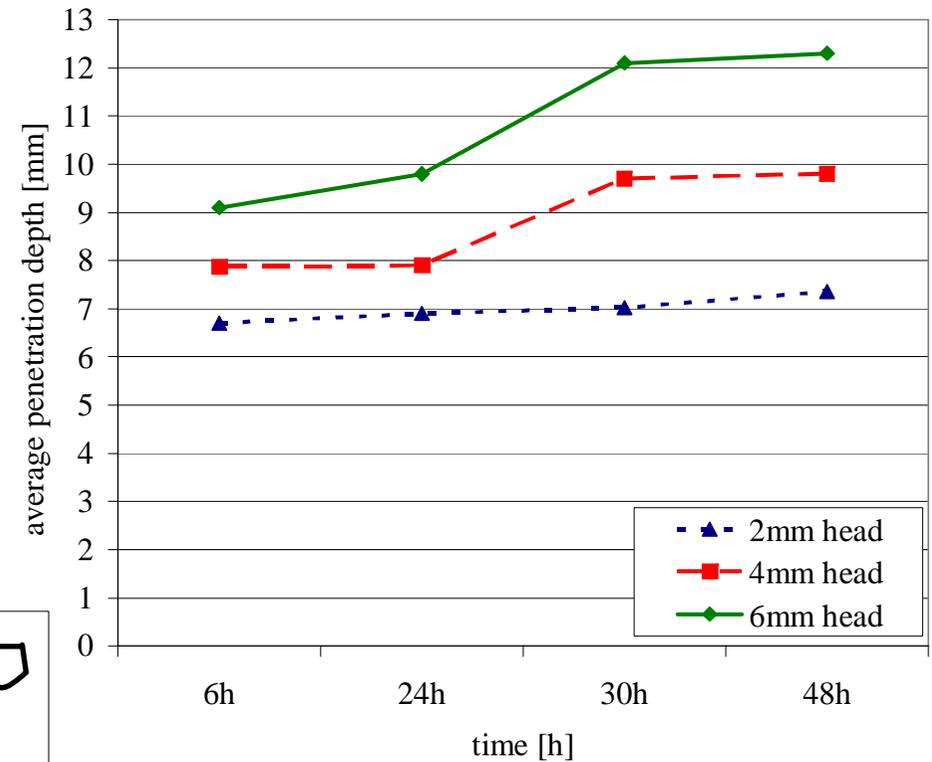
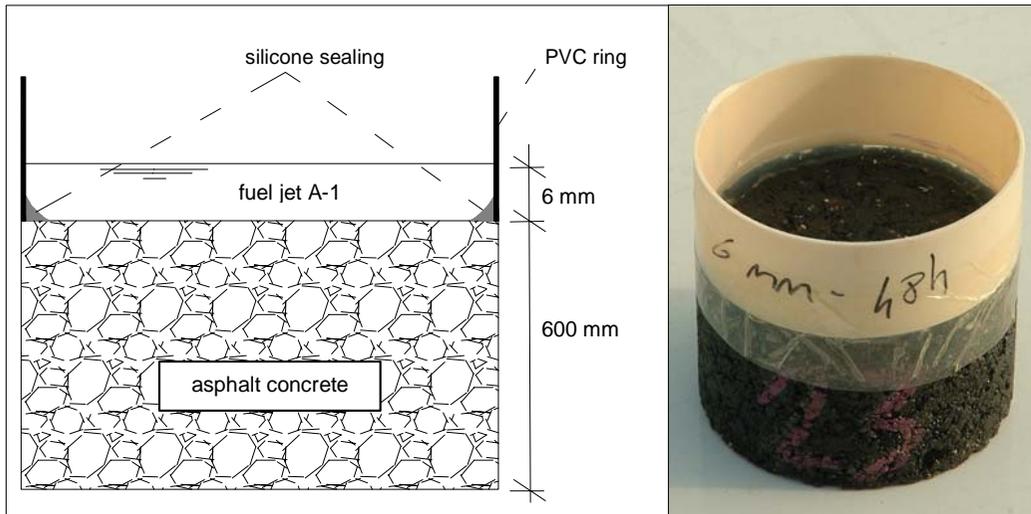
## **Conglomerati bituminosi anticarburante: le prove di laboratorio**

**Brush test (EN 12697-43)**

**Cantabro test (NLT 352-86)**

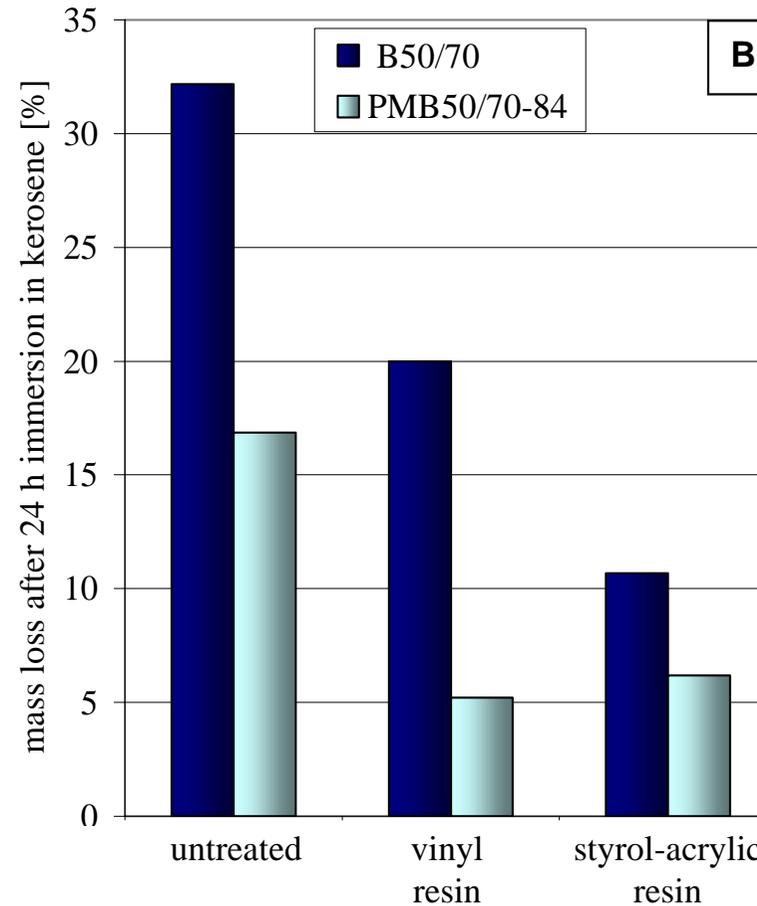
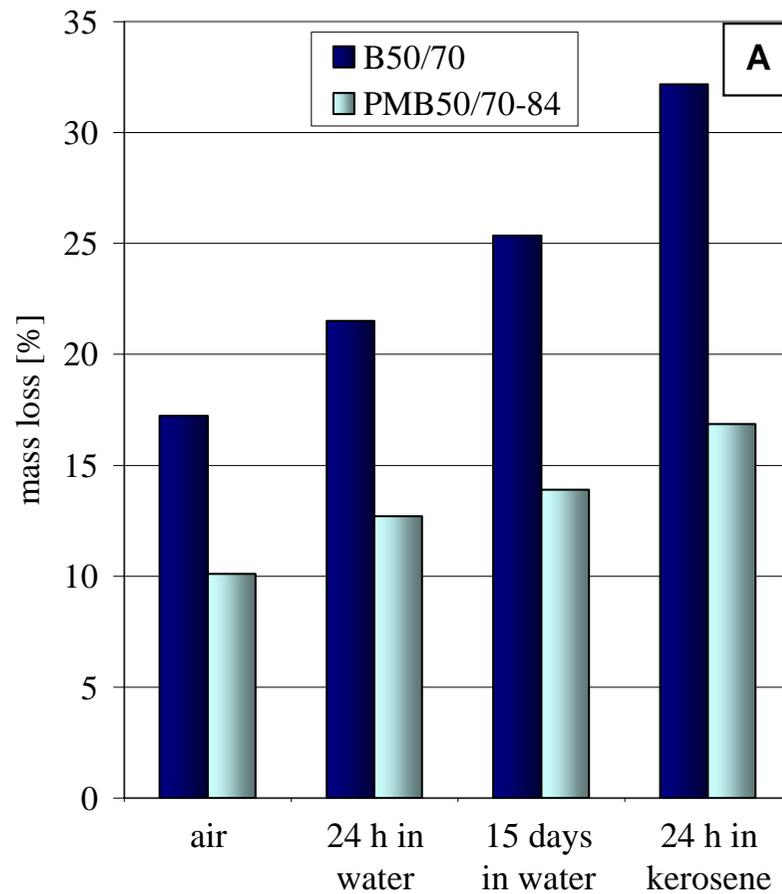


## Conglomerati bituminosi anticarburante: le prove di laboratorio



(F. Giuliani & S. Rastelli, 2006)

### Soluzioni anticarburante: le prove di laboratorio



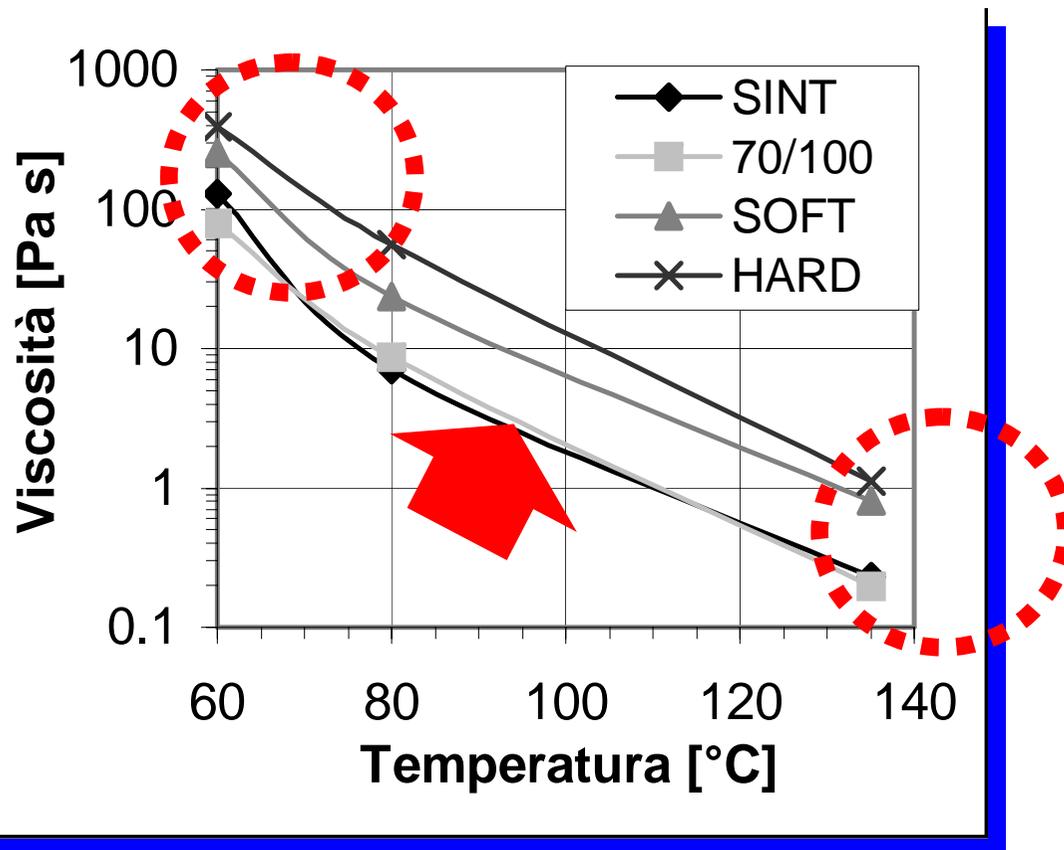
*(F. Giuliani & S. Rastelli, 2006)*

### Leganti bituminosi trasparenti o colorati

- 1) *Pavimentazioni di strade a basso impatto ambientale.*
- 2) *Riconoscibilità di spazi in piattaforma, zone pericolose, piste ciclabili.*



### Leganti bituminosi trasparenti o colorati



- Migliore resistenza all'ormaiamento e fatica rispetto ai bitumi tradizionali
- Migliore lavorabilità alle alte temperature rispetto ai bitumi modificati
- Comportamento reologico assimilabile ai bitumi modificati
- Ottima compatibilità con aggregati di qualsiasi natura
- Alterazione delle proprietà cromatiche  $T > 130$  °C

- Lavorabilità analoga al bitume 70/100
- Per  $t < 60$  °C tendenza al modificato SOFT

(F. Canestrari & L. Cerni, 2003)

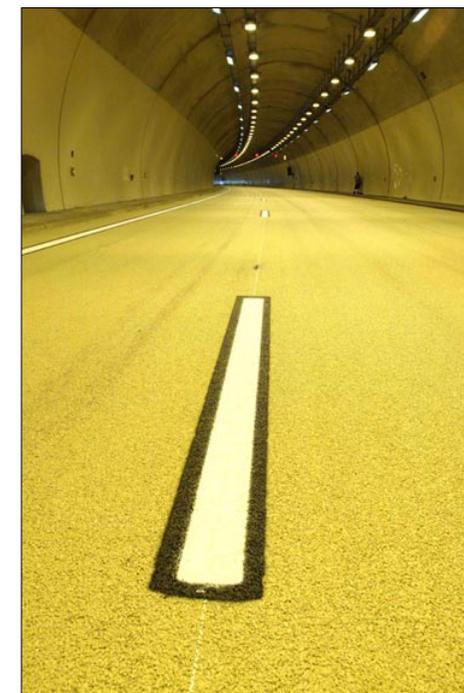
## **Conglomerato bituminoso con legante trasparente e/o con aggregato artificiale o naturale chiaro**

*Studio del contrasto cromatico, della percezione e della resa illuminotecnica*



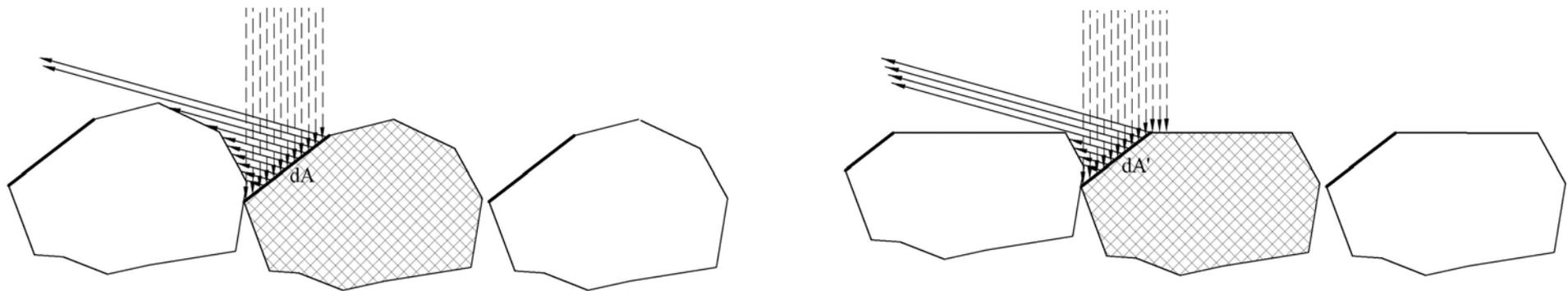
### **Conglomerato bituminoso con legante trasparente e/o con aggregato artificiale o naturale chiaro**

1. *Applicazioni in galleria e/o per migliorare la resa illuminotecnica della piattaforma stradale.*
2. *Percentuale in peso di aggregati chiari > 60%.*
3. *Coefficiente di luminosità retroriflessa  $180 \div 210 \text{ mcd/lxm}^2$*
4. *Basso assorbimento di legante (<0,1%).*



## Conglomerato bituminoso con legante trasparente e/o con aggregato artificiale o naturale chiaro

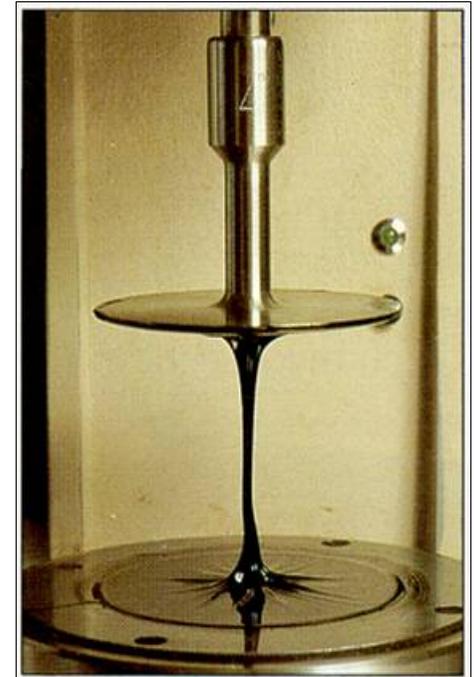
*Selezione dell'aggregato  
Principi della retroriflessione*



*(F. Giuliani & S. Rastelli 2005)*

## Leganti bituminosi con nuove funzioni strutturali

- 1) *Le emulsioni nel riciclaggio a freddo.*
- 2) *I bitumi nelle soluzioni grouted macadam.*



## **Le emulsioni nel riciclaggio a freddo**

*Il cemento costituisce elemento di regolazione della rottura dell'emulsione.*

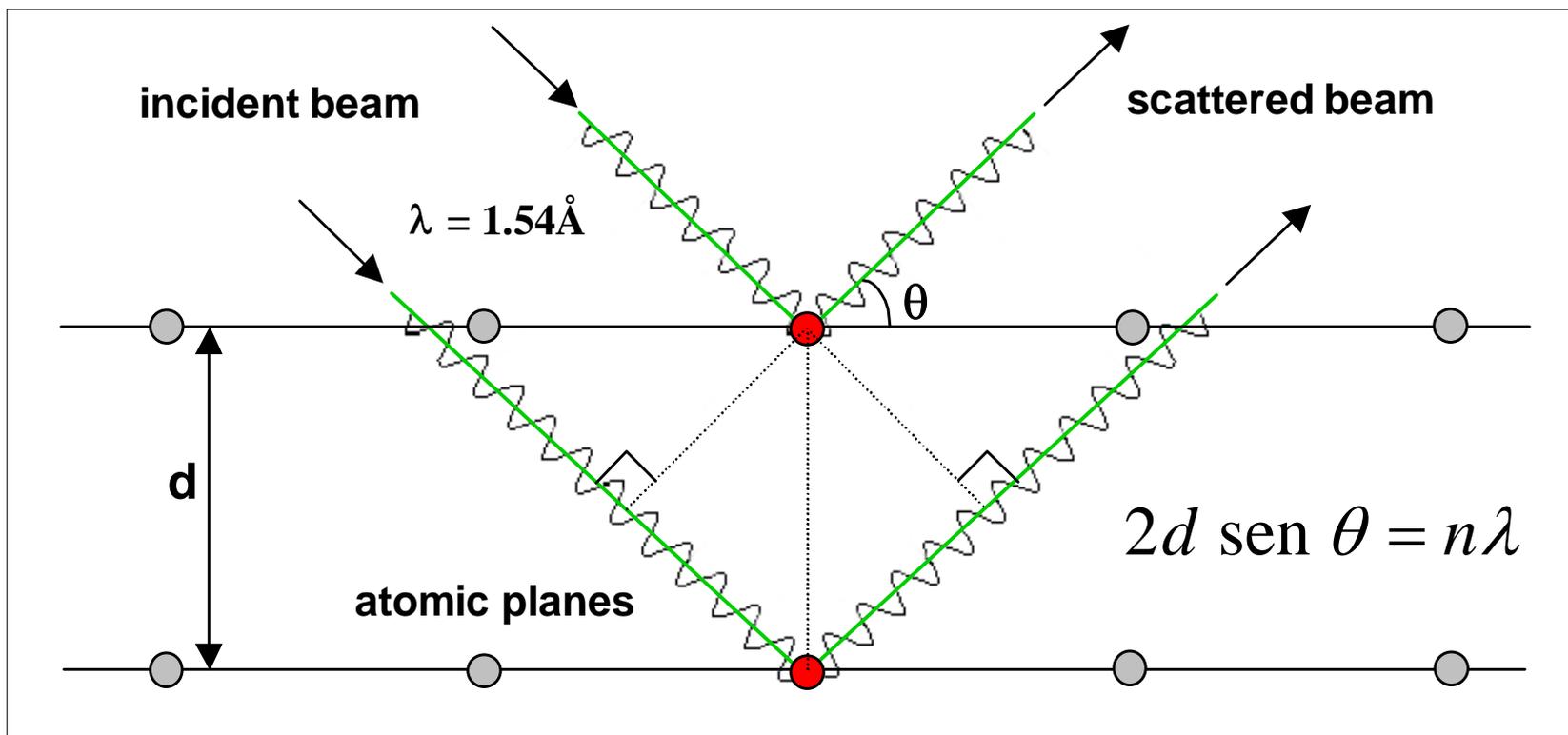
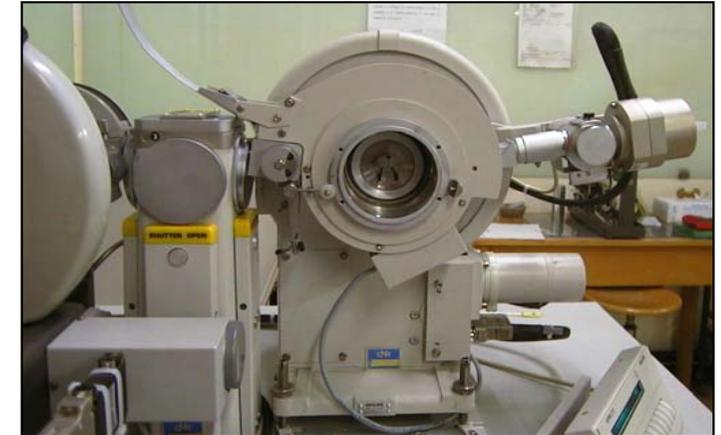
*Il cemento incrementa la viscosità del legante bituminoso.*

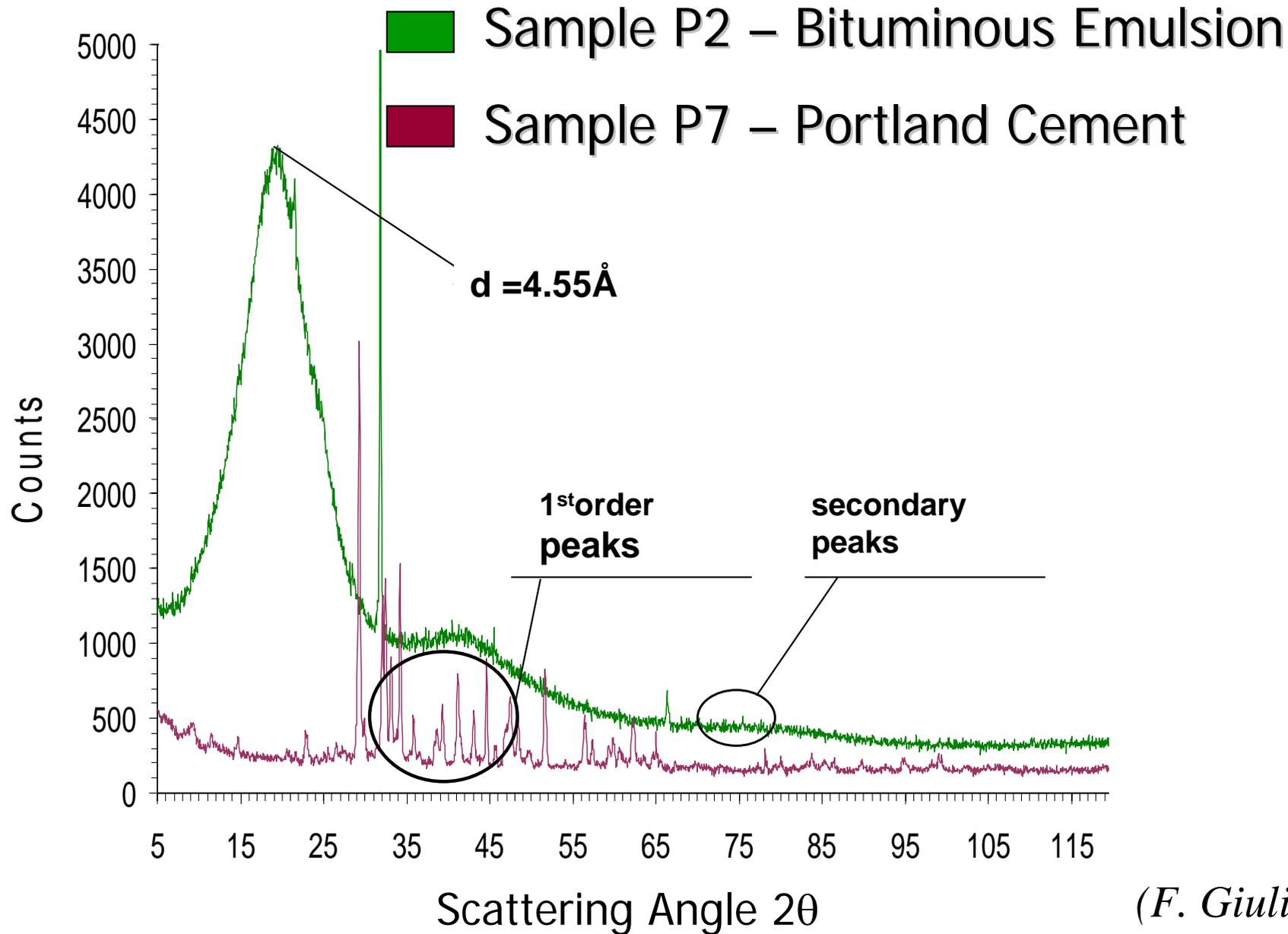
*Il cemento esercita una influenza continua sulla rigidità delle miscele riciclate, anche dopo immersione in acqua.*

*La miscela emulsione bituminosa e cemento può essere considerata un “nuovo legante”?*

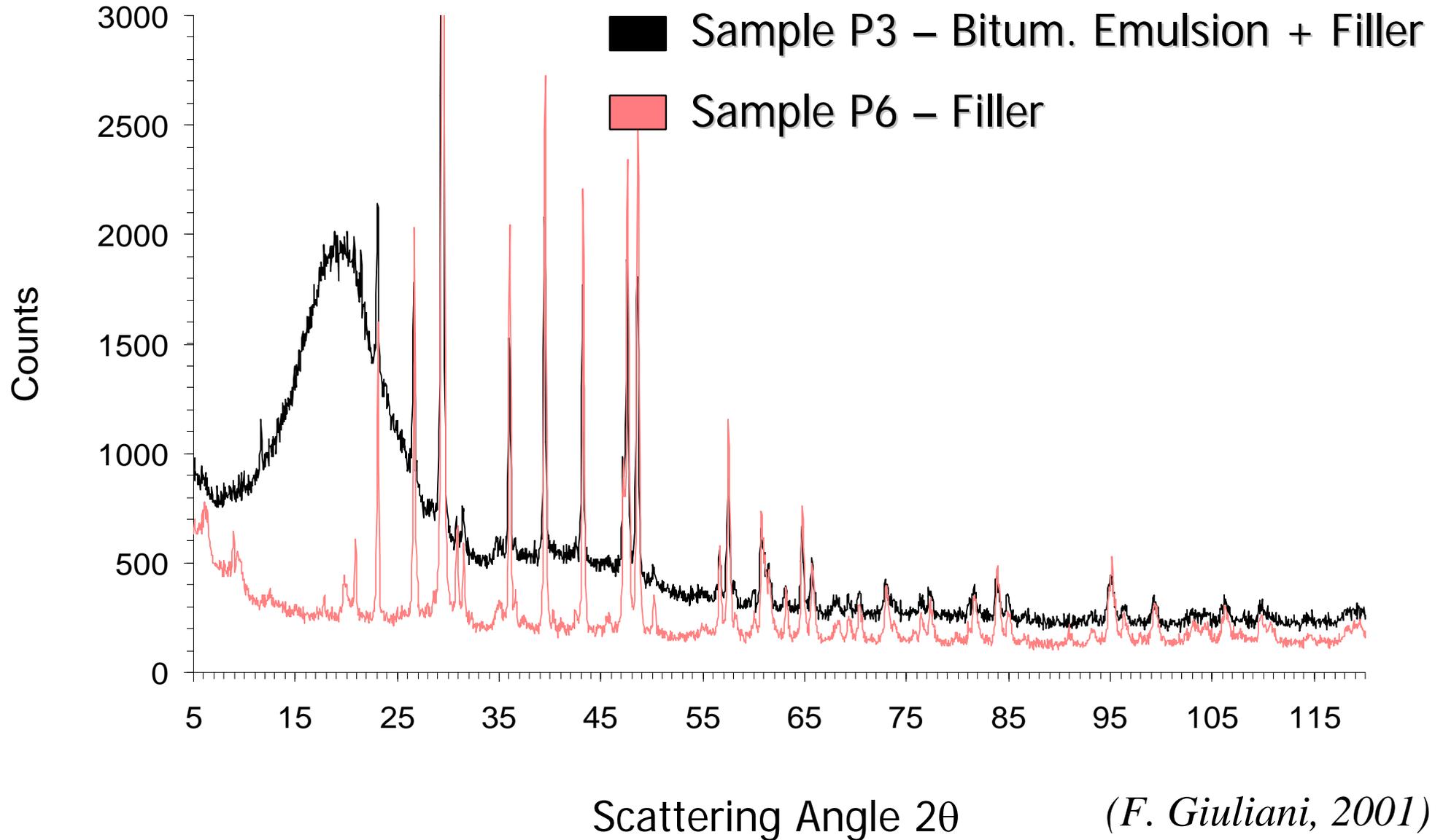
## Emulsione bituminosa e cemento

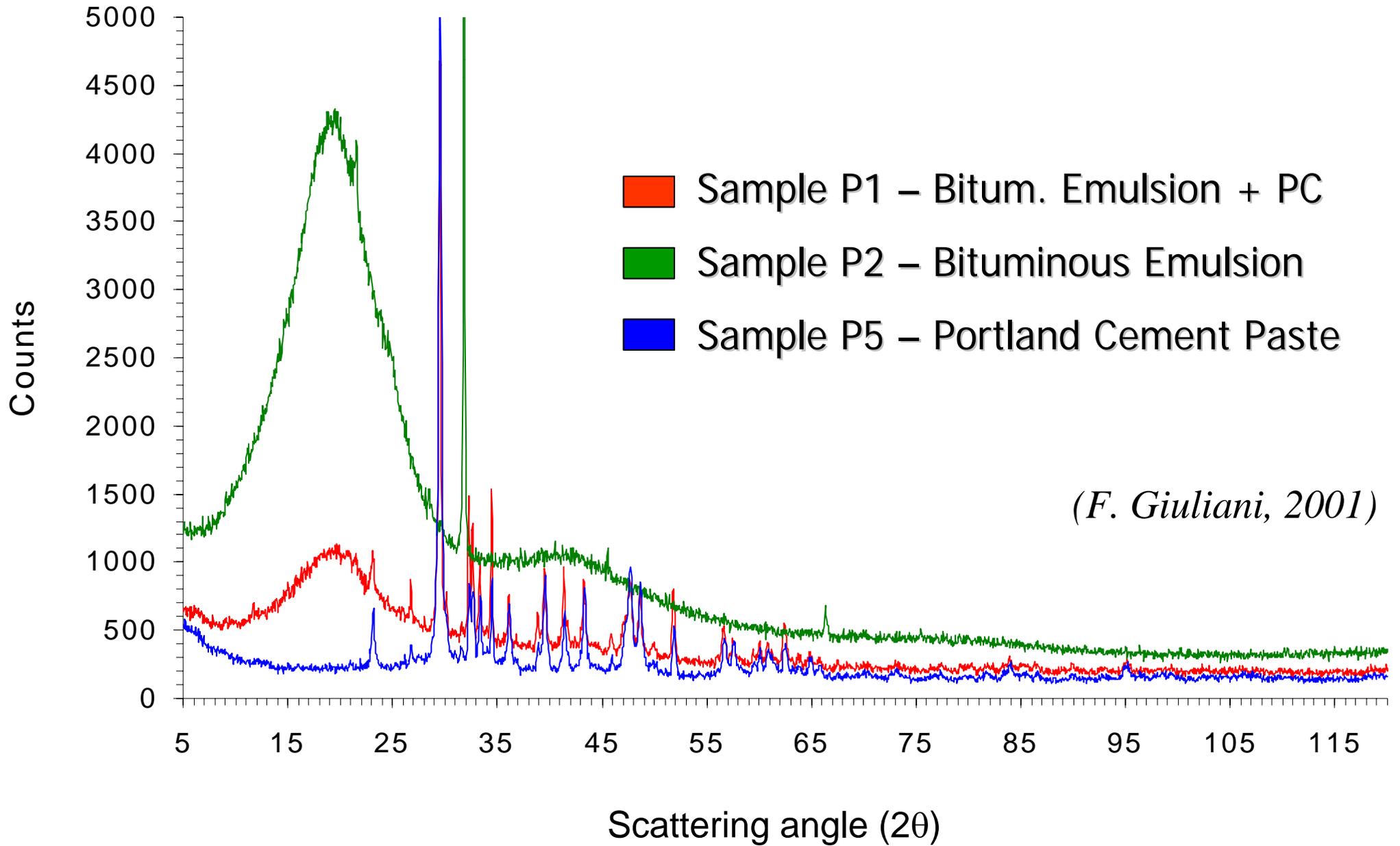
### X-Ray Diffraction Analysis





(F. Giuliani, 2001)



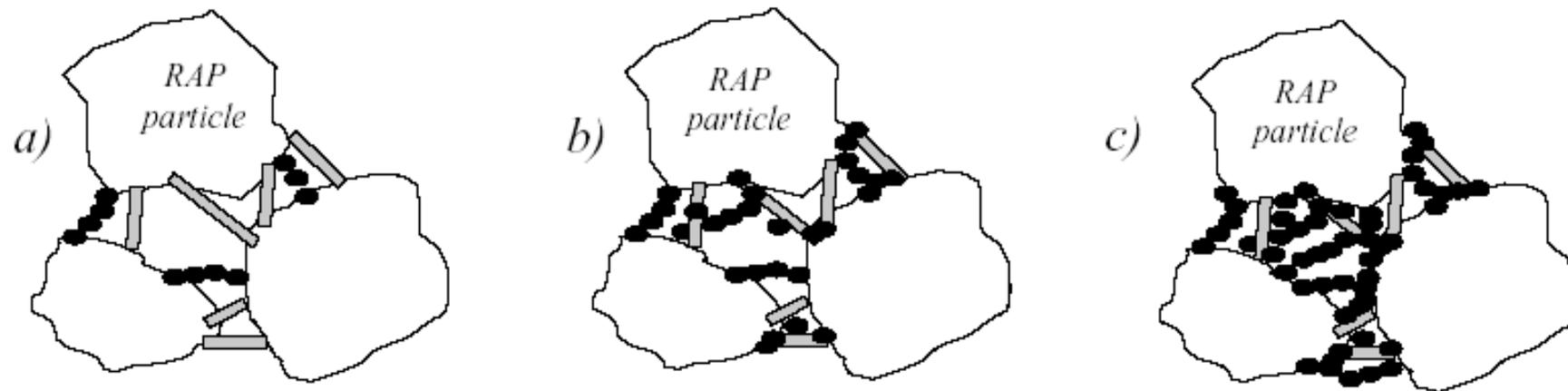


## Emulsione bituminosa e cemento

*A. Montepara, F. Giuliani and S. Rastelli (2004)*

Cement-bituminous emulsion ratio in RAP mixtures

RAP different grading curves



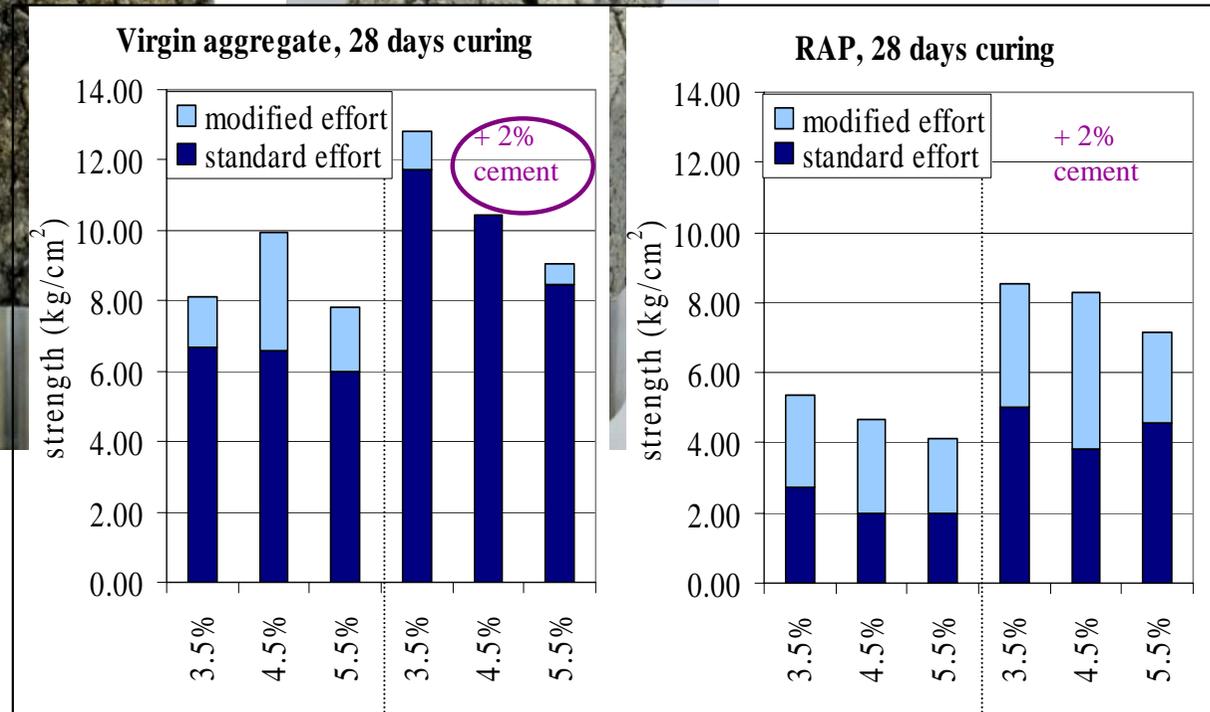
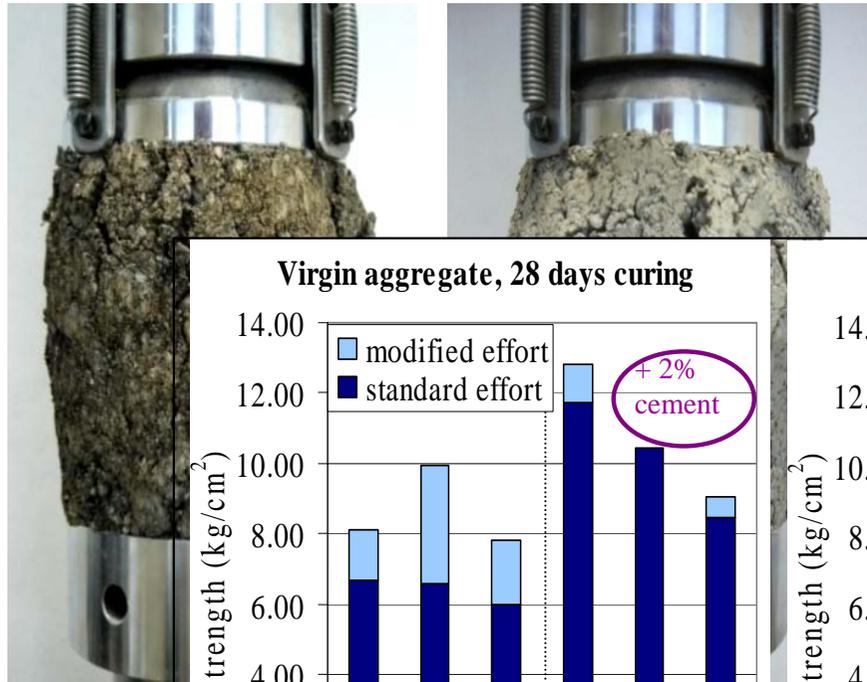
 *hydrated cement*  
 *bitumen*

(a) Low emulsion content: 3.5%

(b) Medium emulsion content: 4.5%

(c) High emulsion content: 5.5%

## Emulsione bituminosa e cemento



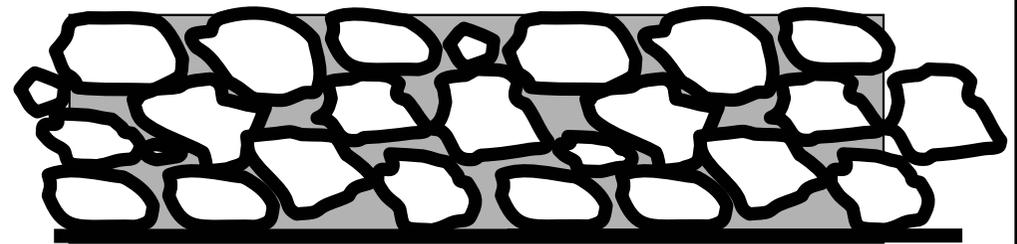
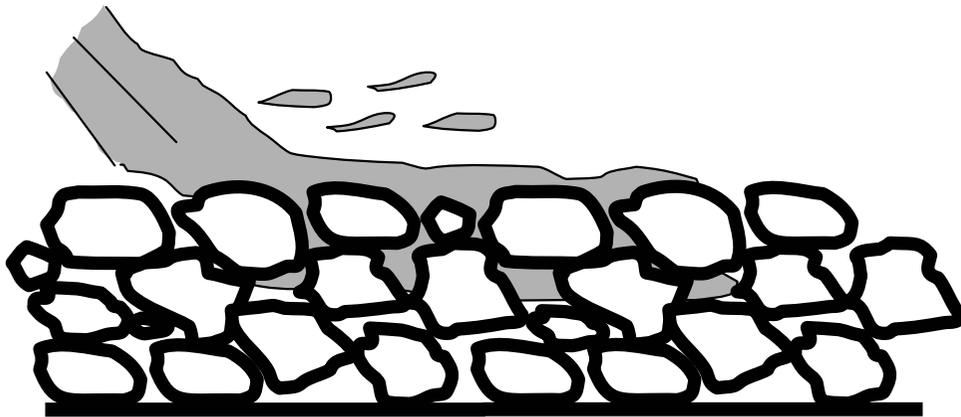
*(F. Giuliani & S. Rastelli, 2004)*

## **I bitumi nelle soluzioni Grouted Macadam**

**Gli obiettivi e le tecniche di esecuzione**

**Il ruolo del legante**

**Gli effetti del ritiro**

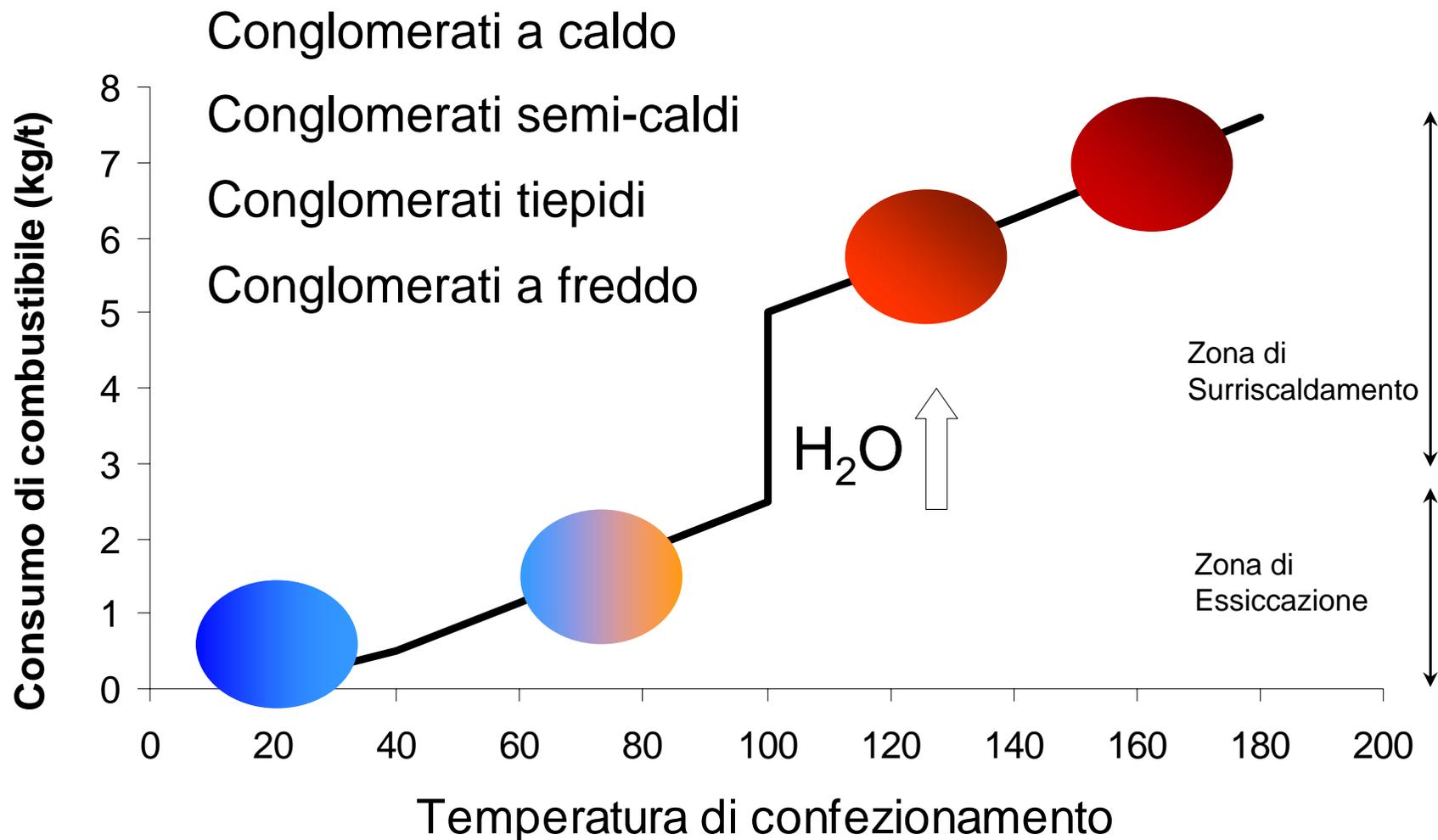


## Studio di formulazioni vantaggiose

- 1) I Warm Asphalt e le emulsioni bituminose nei conglomerati tiepidi.*
- 2) I bitumi modificati con polverino di pneumatico riciclato.*



## I Warm Asphalt e le emulsioni bituminose nei conglomerati tiepidi



## **I Warm Asphalt e le emulsioni bituminose nei conglomerati tiepidi**

### **Warm Mix Asphalt**

**WAM Foam (Shell - Kolo Veidekke)**

**Zeolite (Eurovia - Hubbard Construction)**

**Sasobit (Sasol Int. – Moore and Murger)**

**Evoterm (MeadWestvaco)**



## Caso di studio:

### Bitume modificato con polverino di pneumatico riciclato

- Nasce “per caso” 40 anni fa.
- Interesse ambientale.
- Nuovi interessi tecnici e scientifici.

1) La via secca (metodo Dry)

2) La via umida (metodo Wet)

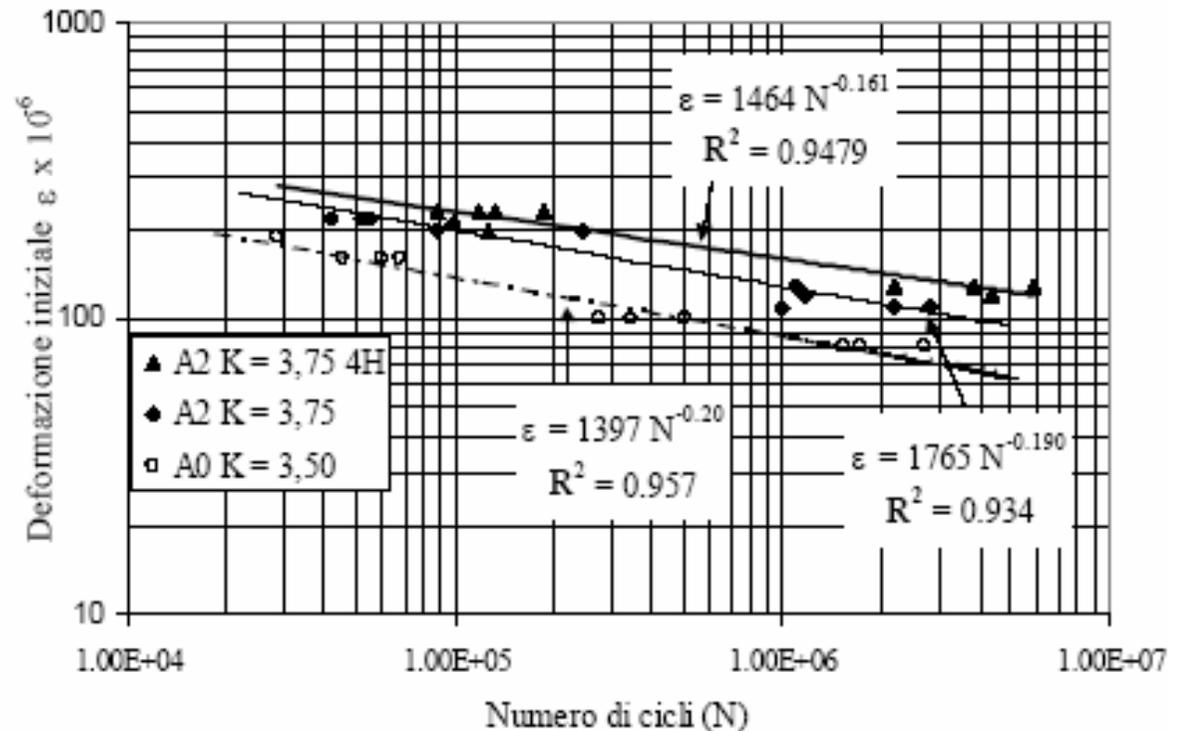


### “METODO DRY”

| Dimensione nominale (mm) | Gomma (passante %) | PlusRide™ Dry (passante %) |
|--------------------------|--------------------|----------------------------|
| 15,8                     | --                 | 100                        |
| 9,52                     | --                 | 60-80                      |
| 6,5                      | --                 | 30-42                      |
| 2,00                     | 100                | 19-32                      |
| 1,00                     | 100                | --                         |
| 0,60                     | --                 | 13-25                      |
| 0,42                     | 15-20              | --                         |
| 0,30                     | --                 | --                         |
| 0,177                    | 0-1                | --                         |
| 0,075                    | 0                  | 8-12                       |

A0 = 0% CRM

A2 = 2% CRM



(B. Celauro, C. Celauro, A. Di Francisca, 2003)

## **“Metodo Wet”**

Crumb Rubber Modified Binder

Asphalt Rubber o Rubberized Asphalt (ASTM D-6114)

Tipo I (CRM da pneumatico)

Tipo II (75% CRM e 25% gomma naturale)

Terminal Blend o Refinery Blend Process

### *Crumb Rubber Modified Binder – ASPHALT RUBBER*

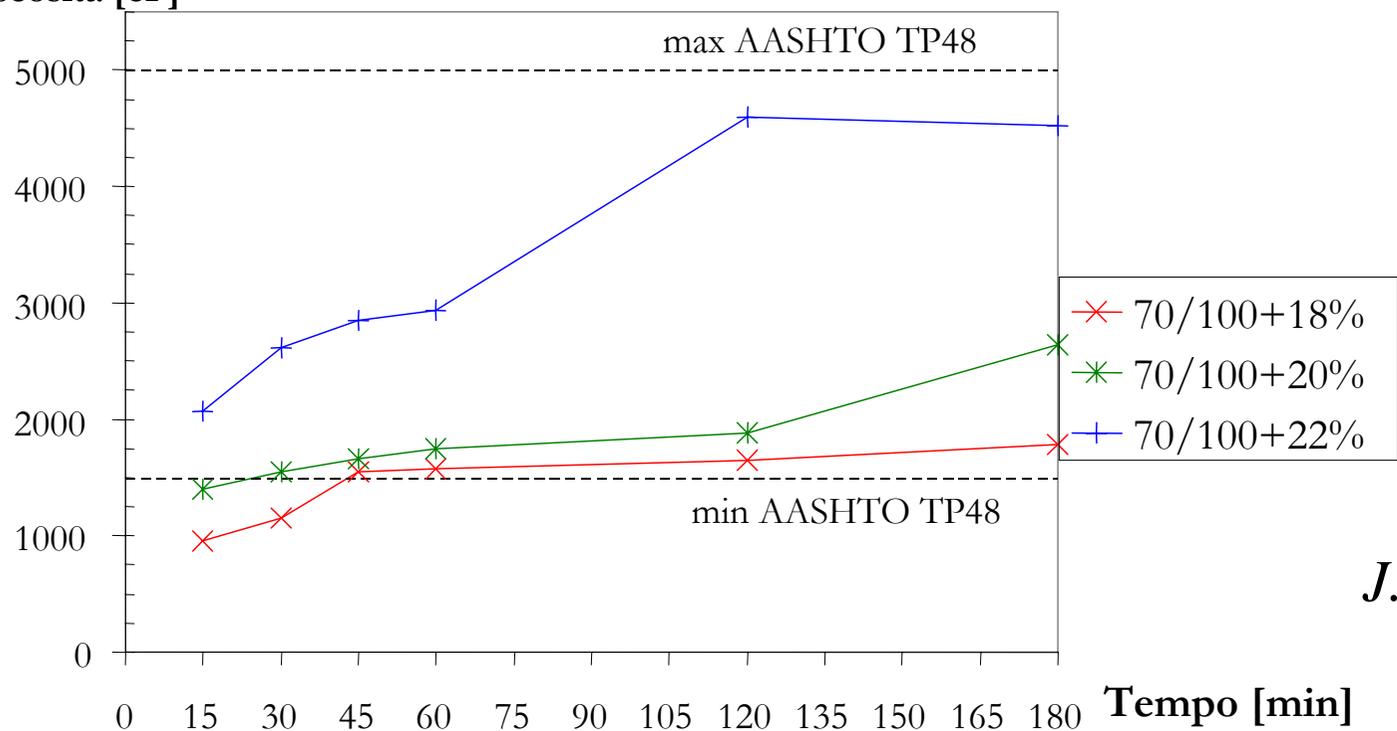
1. *Alto contenuto di polverino (15÷22%) ASTM D-6114.*
2. *Tipo e qualità di polverino  $0,075 < \Phi < 2$  mm.*
3. *Instabile allo stoccaggio.*
4. *Conglomerati con tenori di bitume elevati (8÷10%) con buone caratteristiche di fonoassorbenza (riduzione fino a 5÷6 dB).*
5. *Conglomerati con notevole resistenza a fatica ed alle deformazioni permanenti.*
6. *Benefici ambientali.*
7. *Impianto specifico semovente.*
8. *Costi da valutare su ampia scala.*



### “ASPHALT RUBBER”

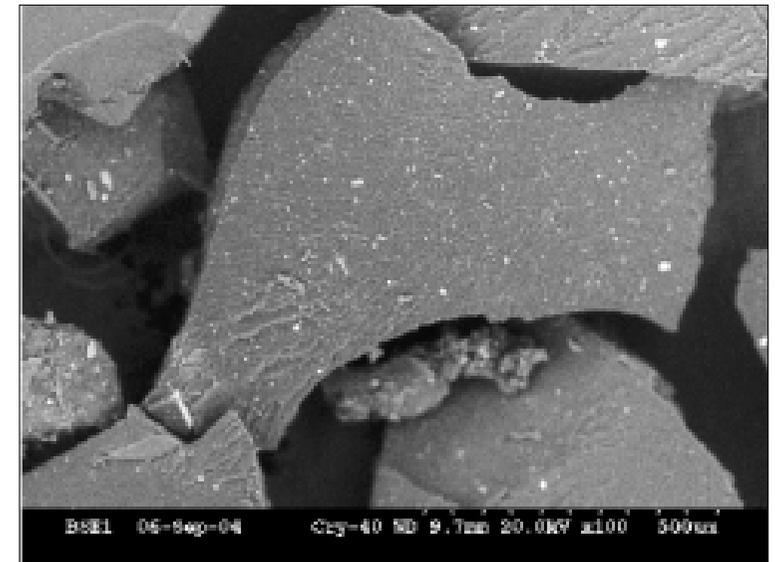
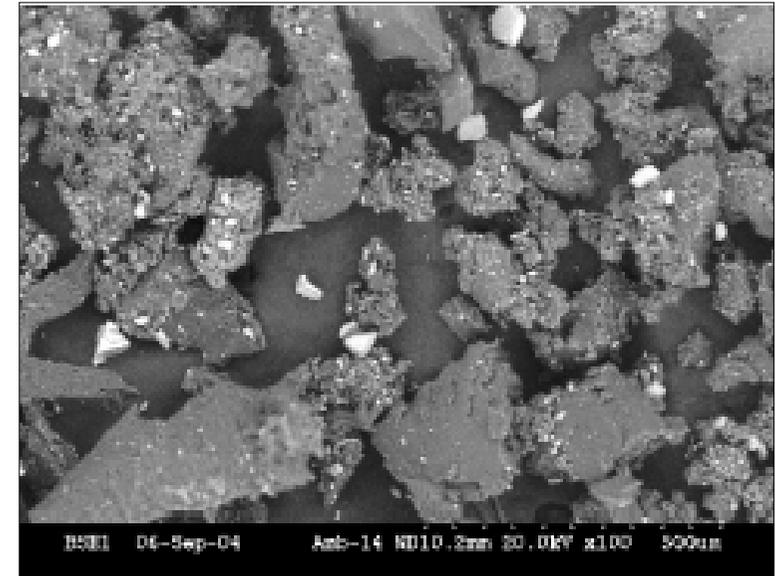
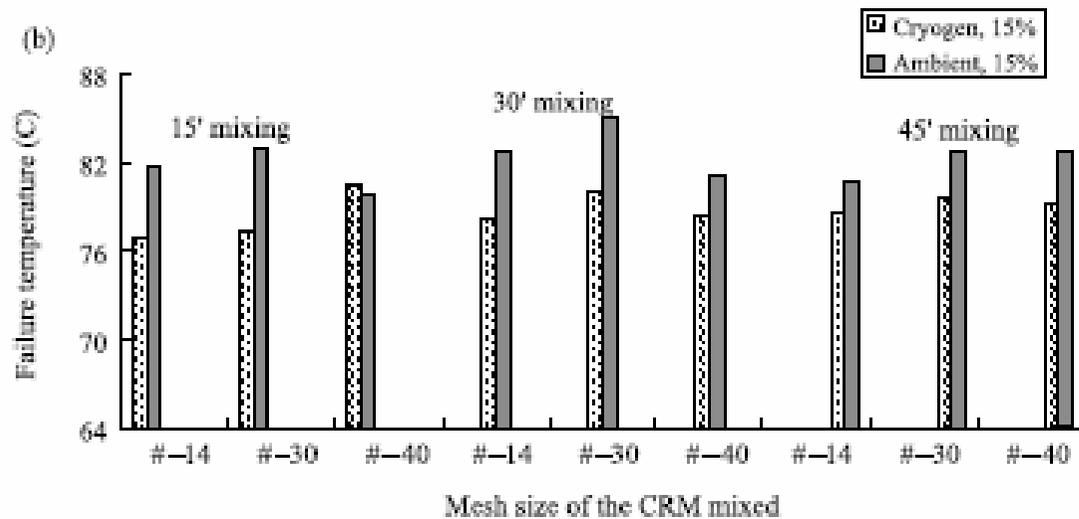
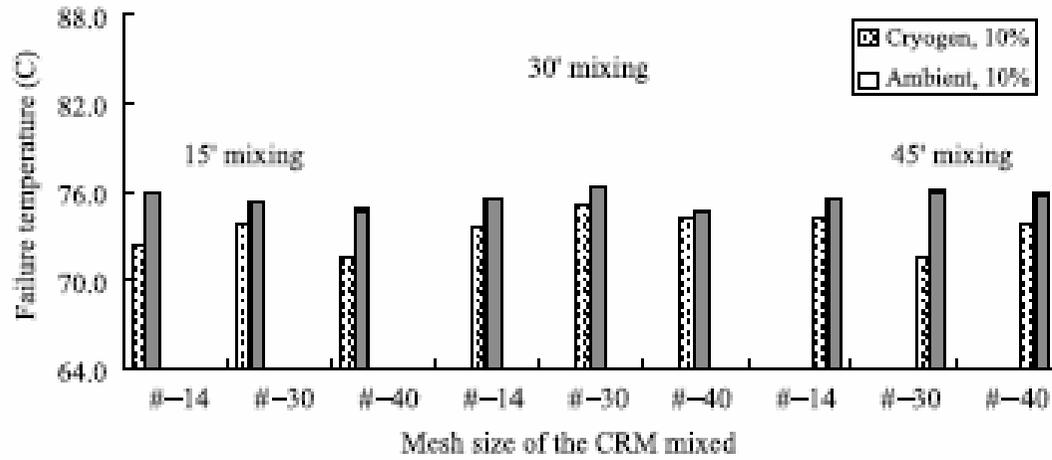
| Miscela            | 70/100 (18% CRM) |      |      |      |      |      | 70/100 (20% CRM) |      |      |      |      |      | 70/100 (22% CRM) |      |      |      |      |      |
|--------------------|------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|
|                    | 15               | 30   | 45   | 60   | 120  | 180  | 15               | 30   | 45   | 60   | 120  | 180  | 15               | 30   | 45   | 60   | 120  | 180  |
| Tempo [min]        | 15               | 30   | 45   | 60   | 120  | 180  | 15               | 30   | 45   | 60   | 120  | 180  | 15               | 30   | 45   | 60   | 120  | 180  |
| Viscosità [cP]     | 950              | 1150 | 1550 | 1575 | 1650 | 1788 | 1400             | 1550 | 1663 | 1750 | 1888 | 2638 | 2063             | 2613 | 2850 | 2938 | 4600 | 4525 |
| Penetrazione [dmm] | 31               | 29   | 28   | 26   | 24   | 20   | 30               | 27   | 25   | 20   | 17   | 17   | 22               | 20   | 20   | 18   | 11   | 10   |
| Resilienza [dmm]   | 29               | 31   | 37   | 35   | 38   | 41   | 33               | 35   | 39   | 42   | 41   | 45   | 41               | 47   | 47   | 49   | 59   | 52   |
| Palla Anello [°C]  | 60               | 61   | 63   | 62   | 63   | 65   | 62               | 63   | 63   | 64   | 64   | 66   | 65               | 66   | 68   | 68   | 73   | 73   |

Viscosità [cP]



*(F. Giuliani, I. Antunes, J.B. Sousa, G. Way, 2005)*

### “ASPHALT RUBBER”

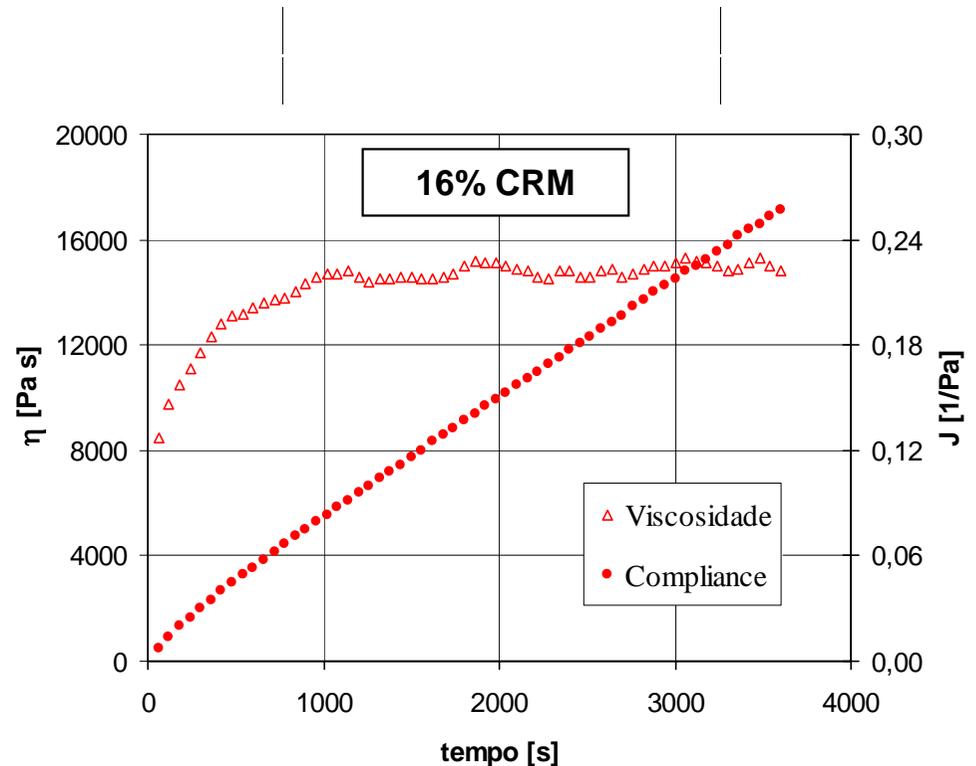
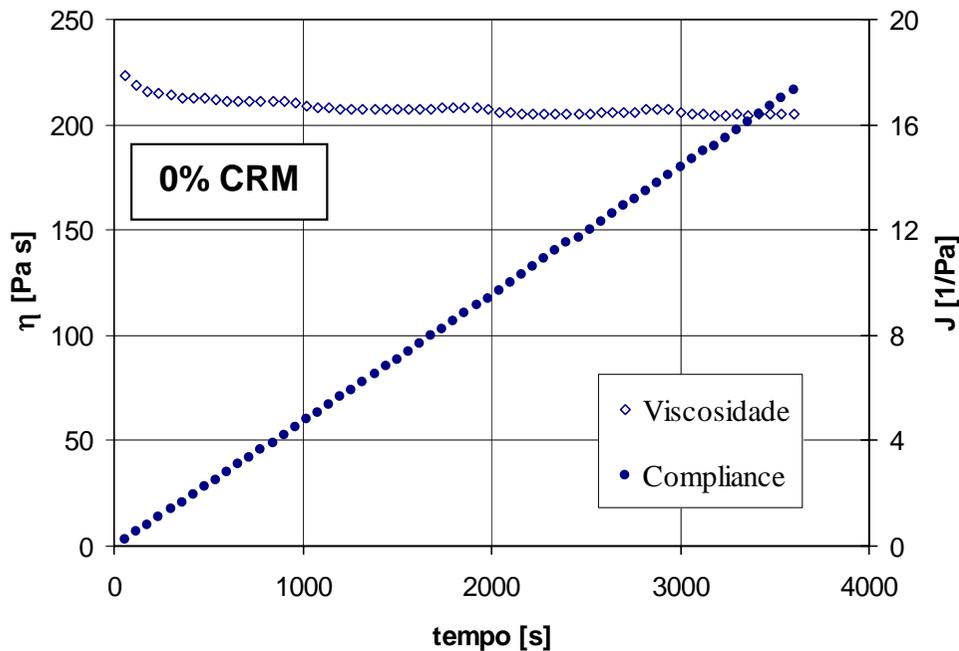


*(J. Shen & S. Amirkhanian, 2005)*

“ASPHALT RUBBER”

Zero Shear Viscosity (CEN prEN15325)

$$ZSV = \Delta t / \Delta J = 900 / (J_f - J_{15}) \quad [Pa \cdot s]$$

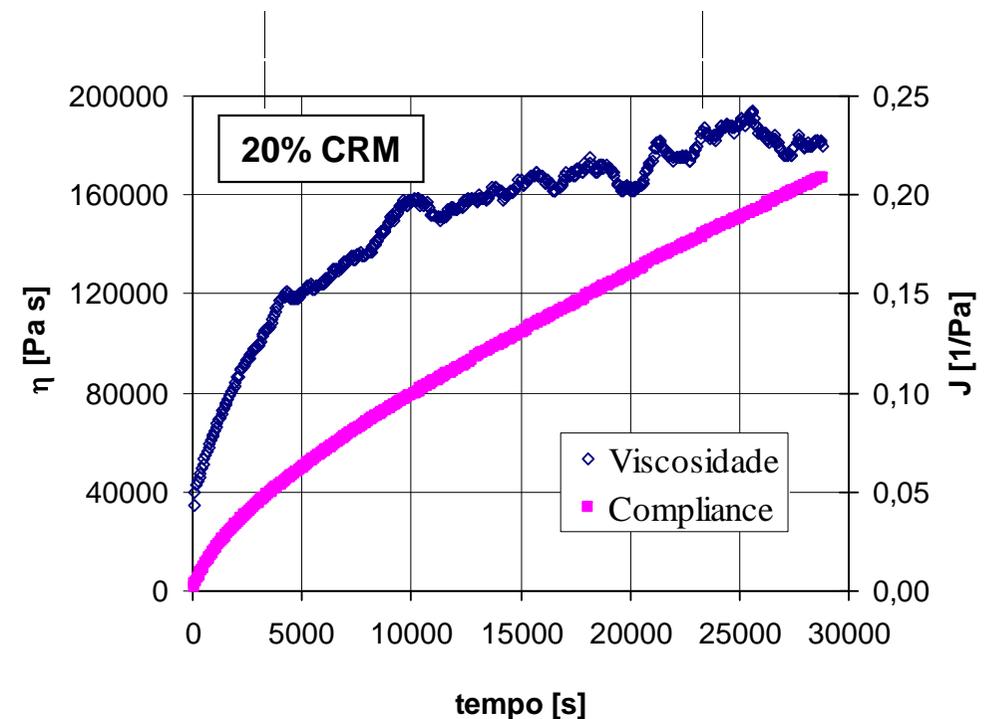
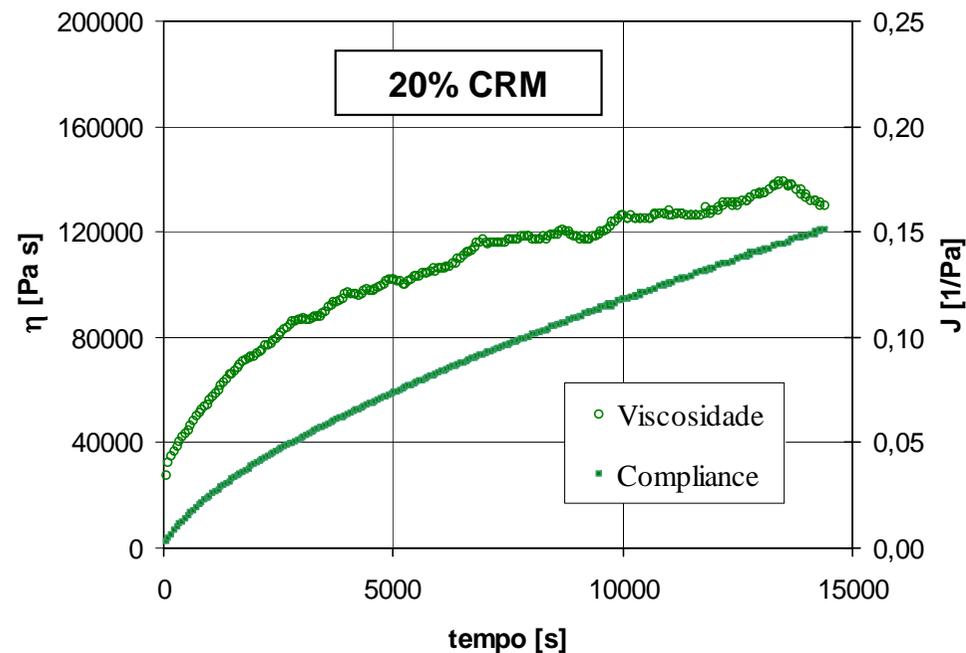


(F. Giuliani, I. Antunes, J.B. Sousa, 2006)

“ASPHALT RUBBER”

Zero Shear Viscosity (CEN prEN15325)

$$ZSV = \Delta t / \Delta J = 900 / (J_f - J_{15}) \quad [Pa \cdot s]$$

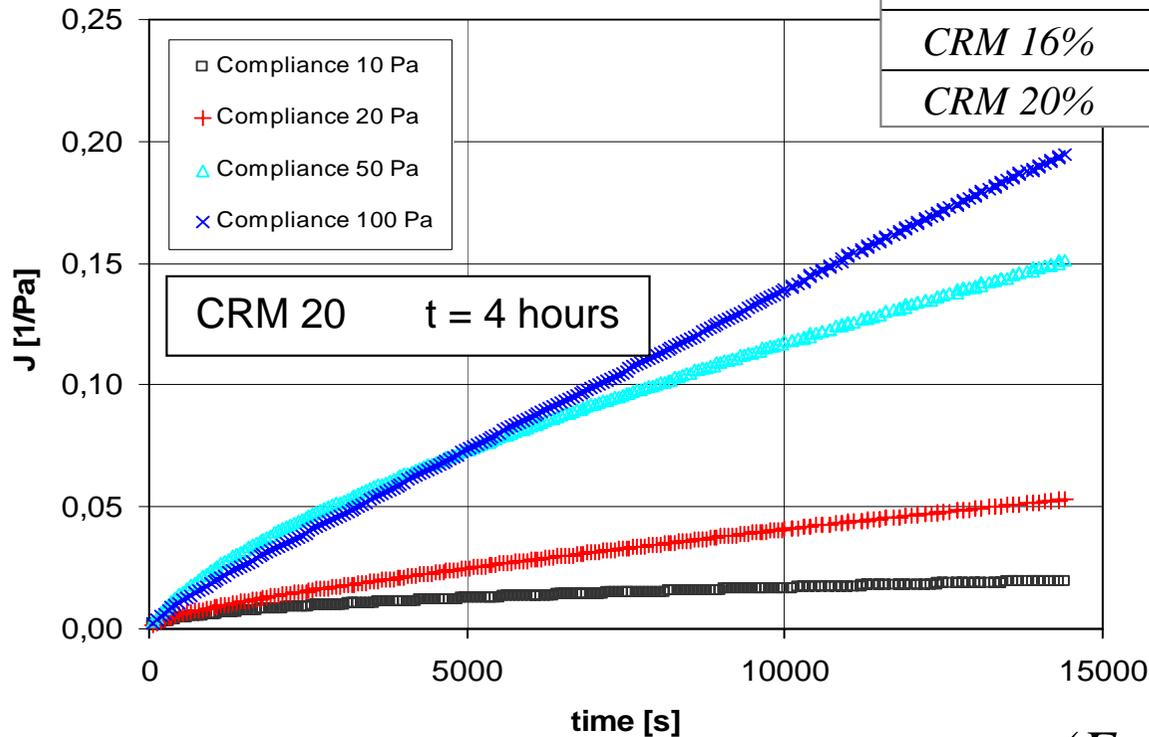


(F. Giuliani, I. Antunes, J.B. Sousa, 2006)

“ASPHALT RUBBER”

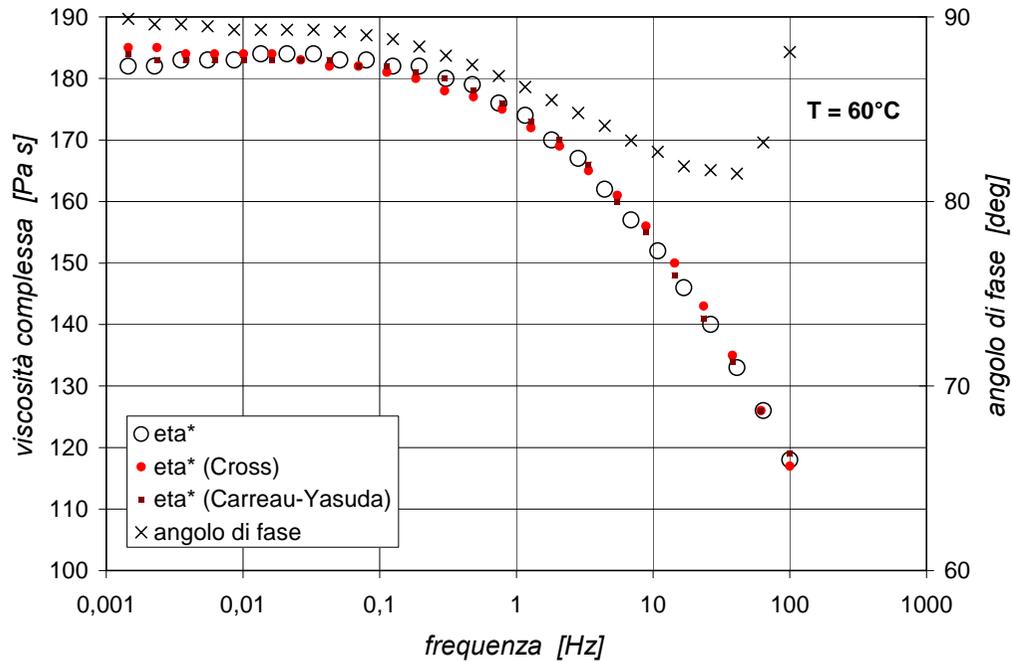
Zero Shear Viscosity Analysis

| Binder  | Test Stress - $\tau$ |        |        |        |
|---------|----------------------|--------|--------|--------|
|         | 10 Pa                | 20 Pa  | 50 Pa  | 100 Pa |
| CRM 0%  | 214                  | 195    | 202    | 207    |
| CRM 16% | 32184                | 31667  | 15627  | 14066  |
| CRM 20% | 1809160              | 379010 | 126945 | 84583  |



(F. Giuliani, F. Merusi, I. Antunes, 2006)

### “ASPHALT RUBBER”



$$\eta^*(\omega) = \frac{|G^*|}{\omega}$$

$$\eta^*(\omega) = \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{1 + (K\omega)^\mu} + \eta_\infty \quad (\text{Cross Model})$$

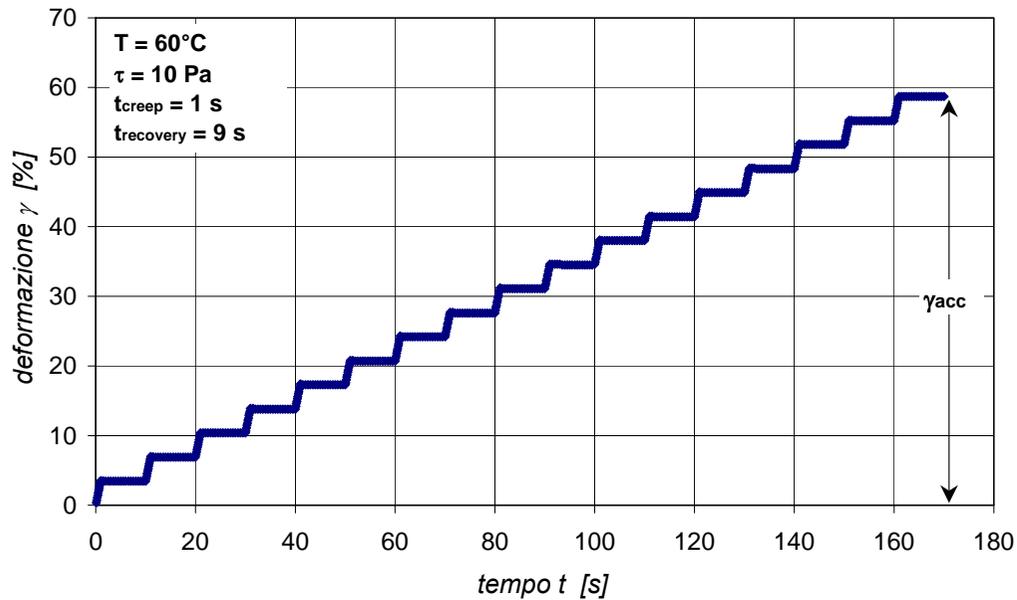
$$\eta^*(\omega) = \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{\left[1 + (\lambda\omega)^a\right]^{\frac{n-1}{a}}} + \eta_\infty \quad (\text{Carreau Model})$$



|       | Zero-Shear Viscosity - ZSV [Pa·s] |              |                |                         |
|-------|-----------------------------------|--------------|----------------|-------------------------|
|       | $G^*/\omega$                      | $G''/\omega$ | $\eta_0$ Cross | $\eta_0$ Carreau-Yasuda |
| CRM0  | 182                               | 182          | 185            | 184                     |
| CRM16 | 13169                             | 12611        | 13160          | 12006                   |
| CRM20 | 296178                            | 134235       | -              | -                       |

(F. Giuliani, F. Merusi, 2006)

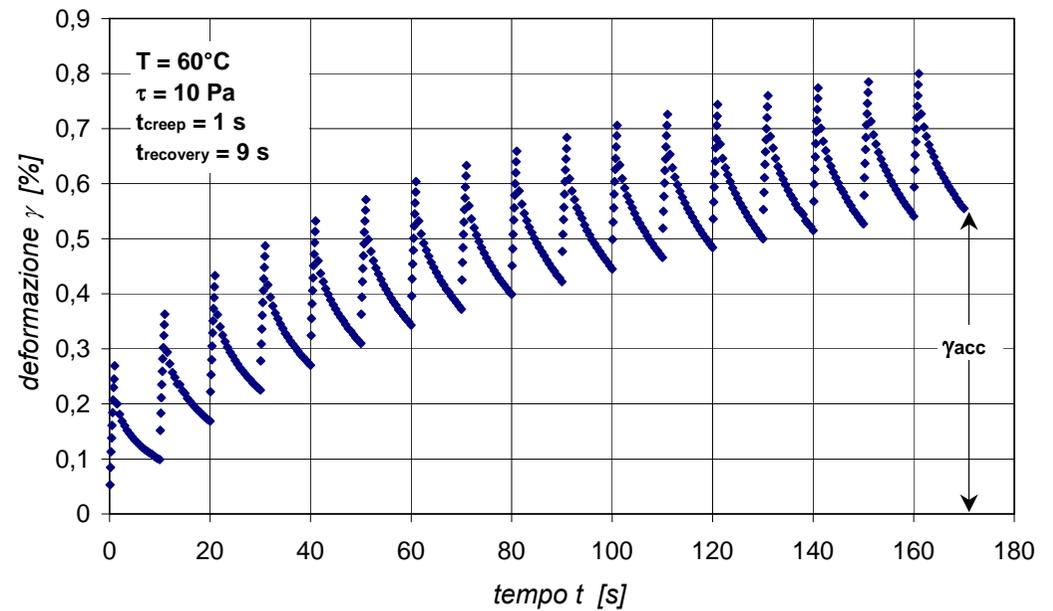
### “ASPHALT RUBBER” – Repeated Creep Test



0% CRM

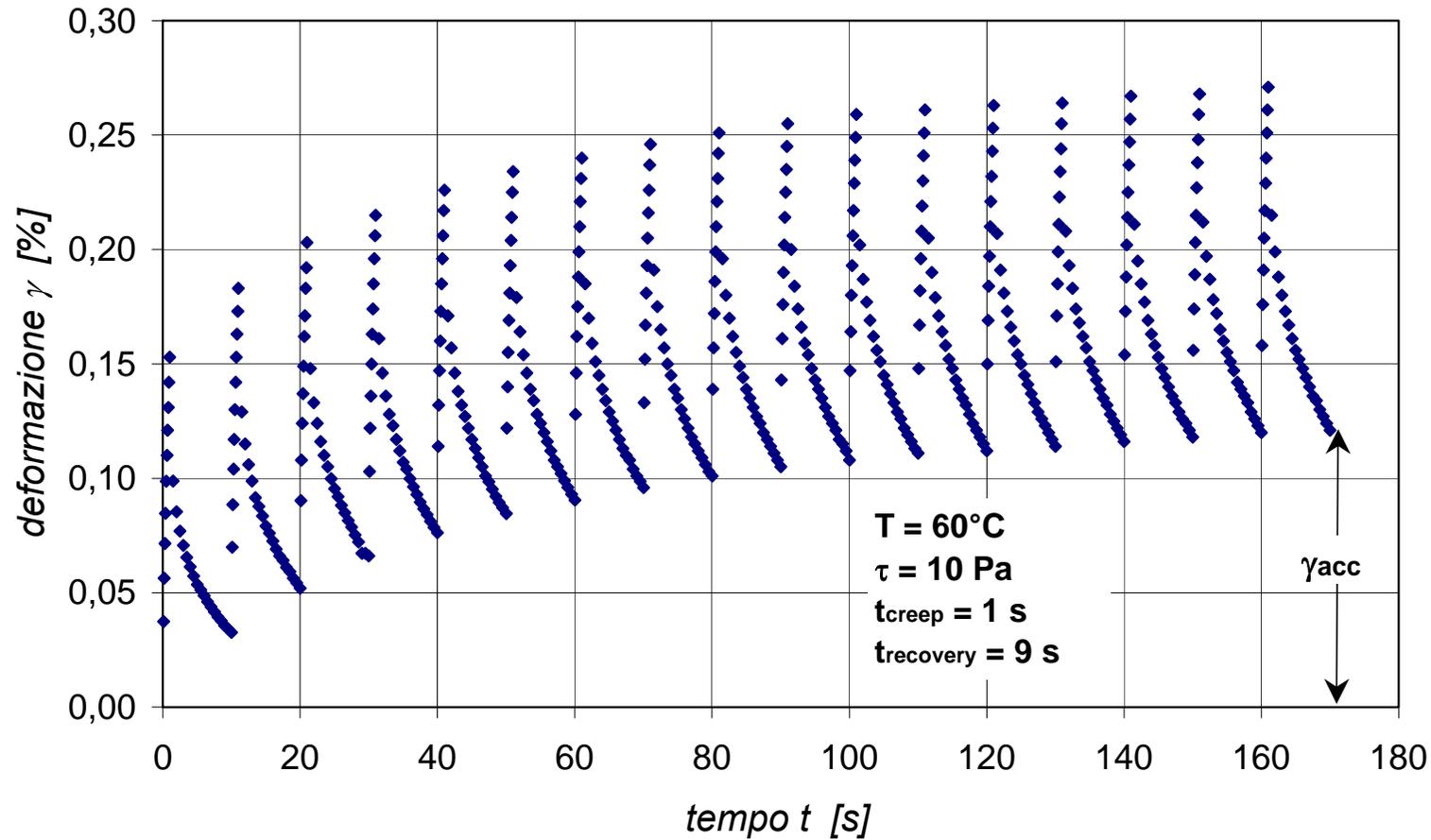


16% CRM



(F. Giuliani, F. Merusi, 2006)

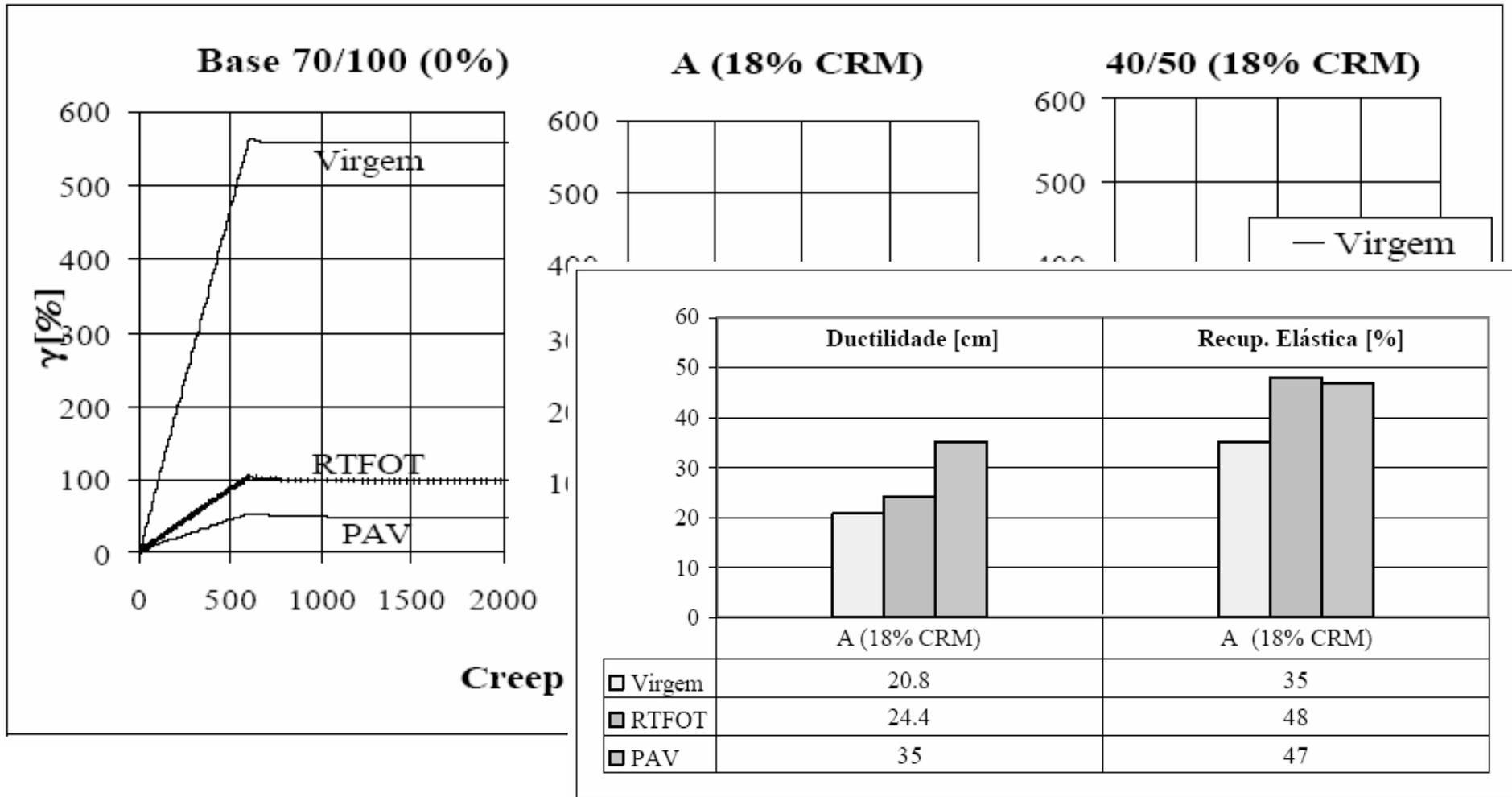
# “ASPHALT RUBBER” – Repeated Creep Test



16% CRM

(F. Giuliani, F. Merusi, 2006)

“ASPHALT RUBBER” – Resistenza all’invecchiamento



(I. Antunes, F. Giuliani, J.B. Sousa, 2004)

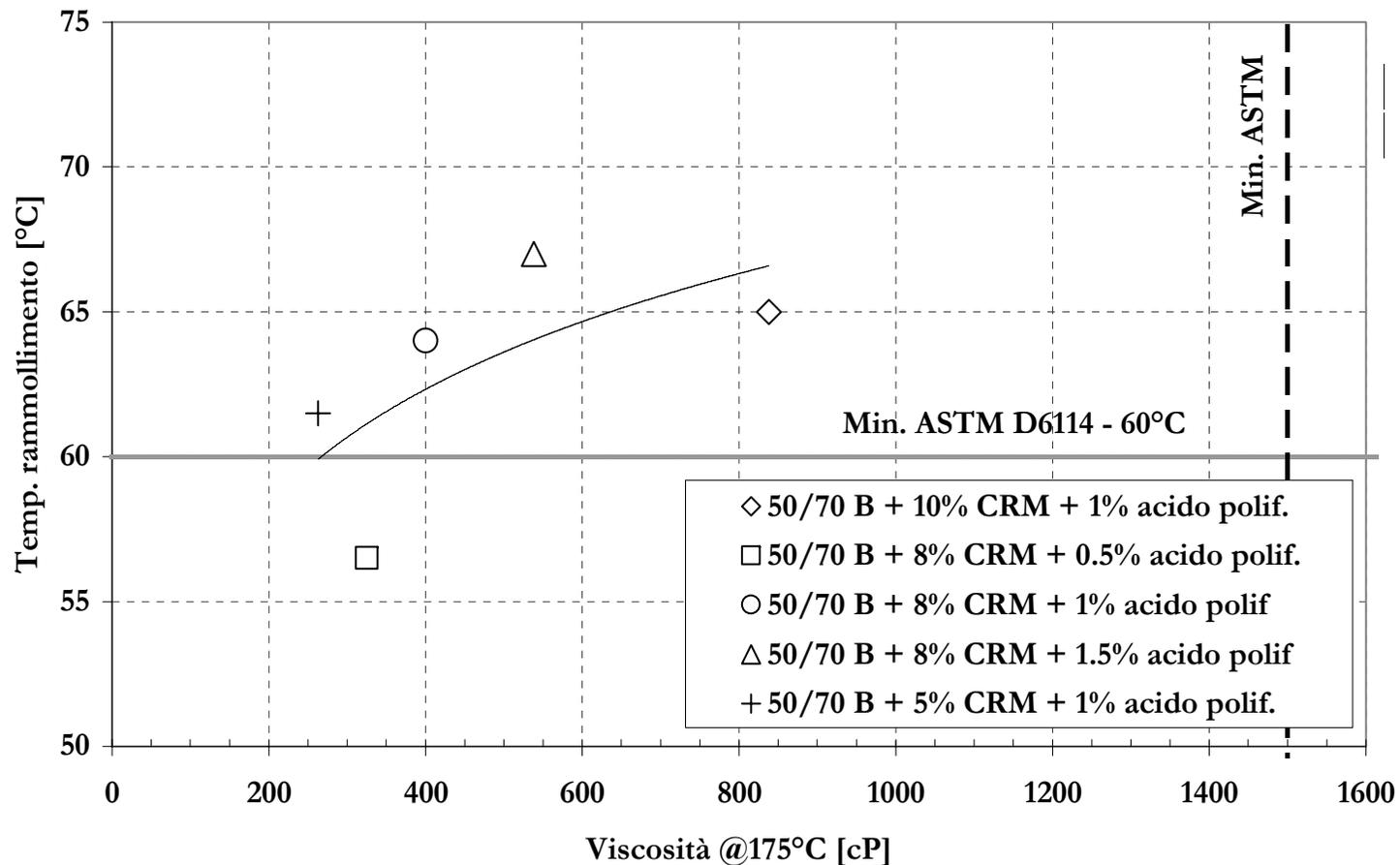
## “TERMINAL BLEND”

Uso di additivi a base di Acido Polifosforico (AP) o olii estensivi



“TERMINAL BLEND”

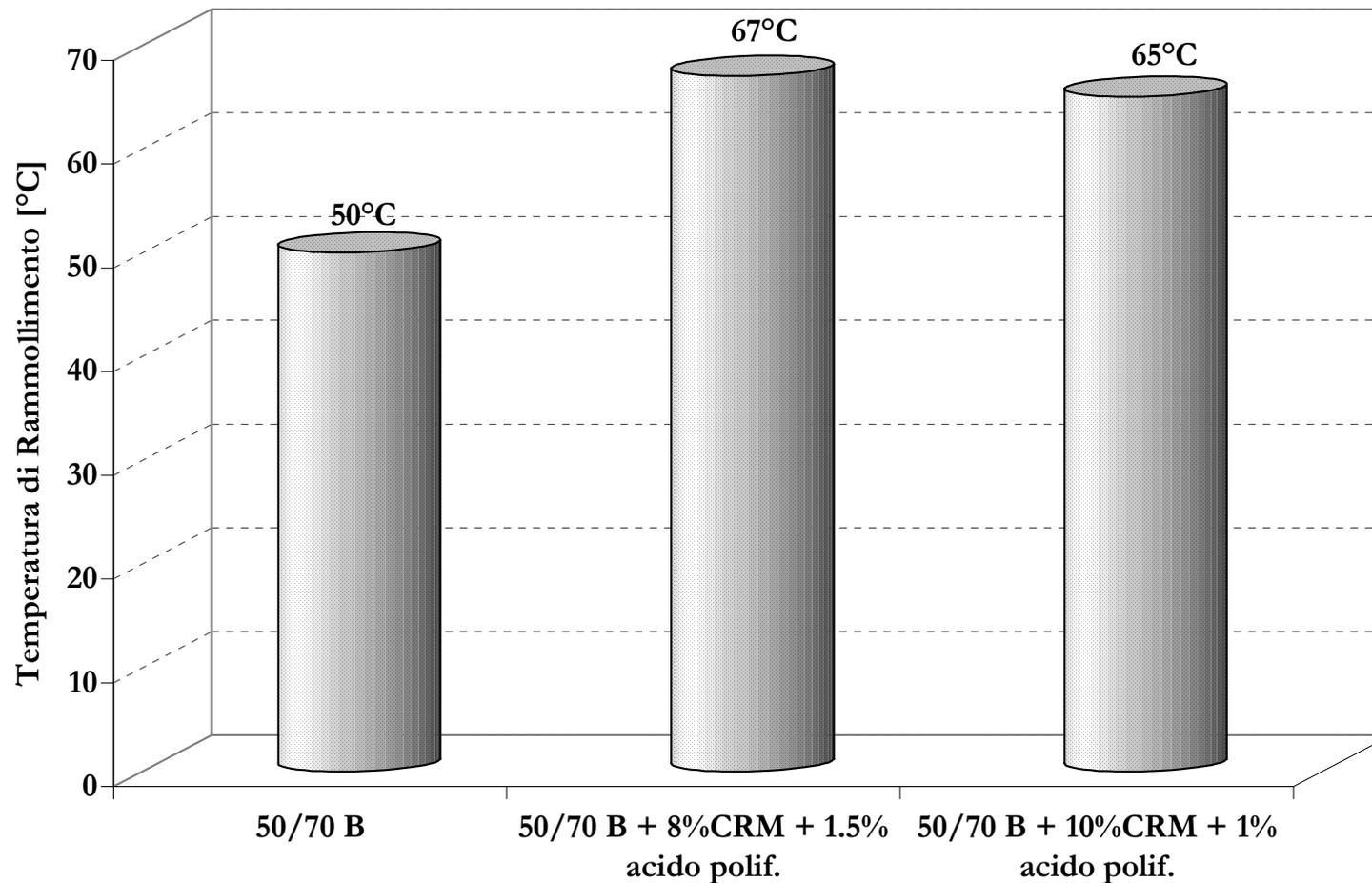
Uso di additivi a base di Acido Polifosforico (AP)



(I. Antunes, F. Giuliani, 2006)

## “TERMINAL BLEND”

Uso di additivi a base di Acido Polifosforico (AP)



*(I. Antunes & F. Giuliani, 2006)*

### “TERMINAL BLEND”

Uso di additivi a base di Acido Polifosforico (AP) nella modifica SBS

| <i>Bitumen</i>                        | <i>Conventional Test</i>                                    | <i>Stirred storage</i> |        |        |         | <i>Static storage</i> |        |       |
|---------------------------------------|---|------------------------|--------|--------|---------|-----------------------|--------|-------|
|                                       |   | Tempo di reazione (h)  |        |        |         | Tempo di reazione (h) |        |       |
|                                       |   | 0.5                    | 3      | 6      | 20      | 3                     | 6      | 20    |
| <b>70/100 +<br/>3%SBS<br/>+0.5%AP</b> | <i>Softening Point<br/>[°C]</i>                             | 85                     | 78     | 86     | 83      | 94                    | 82     | 60    |
|                                       | <i>Penetration @25°C [dmm]</i>                              | 53                     | 45     | 46     | 44      | 49                    | 46     | 49    |
|                                       | <i>Viscosity @160°C [cP]</i>                                | 430                    | 380    | 370    | 460     | 350                   | 340    | 400   |
|                                       | <i>Storage Stability Up/Down<br/>(72h @ 180°C) [°C]</i>     | 105/52                 | 114/54 | 109/55 | 70/68   | 103/55                | 101/55 | 73/65 |
| <b>70/100 +<br/>3%SBS<br/>+1%AP</b>   | <i>Softening Point<br/>[°C]</i>                             | 91                     | 94     | 97     | 103     | ND                    | ND     | ND    |
|                                       | <i>Penetration @25°C [dmm]</i>                              | 35                     | 41     | 37     | 36      | ND                    | ND     | ND    |
|                                       | <i>Viscosity @160°C [cP]</i>                                | 1140                   | 916    | 932    | 1680    | ND                    | ND     | ND    |
|                                       | <i>Storage Stability<br/>Up-Down<br/>(72h @ 180°C) [°C]</i> | 108/75                 | 102/78 | 101/83 | 103/100 | ND                    | ND     | ND    |

(I. Antunes, F. Giuliani, 2006)

# Contatti

[felice.giuliani@unipr.it](mailto:felice.giuliani@unipr.it)

[www.studiogiuliani.it/felice](http://www.studiogiuliani.it/felice)

[www.unipr.it](http://www.unipr.it)