

PNEUMATICI FUORI USO:

Asphalt Rubber (e non solo)



pneumatici

Lo **pneumatico** è l'elemento che viene montato sulle ruote e permette l'aderenza del veicolo sulla strada.

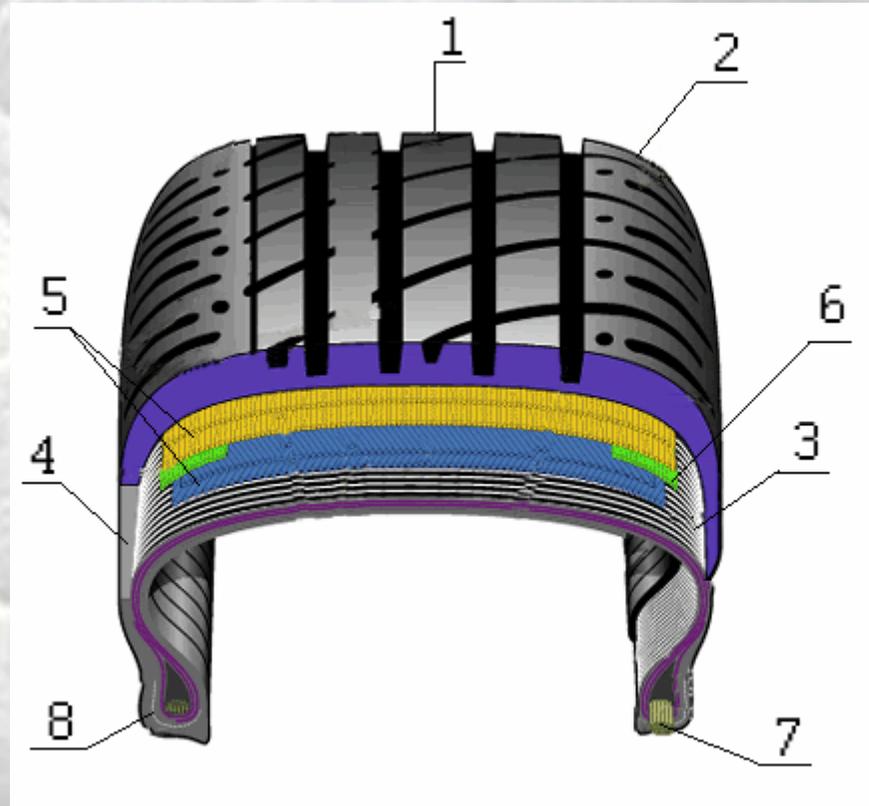
Definizione

Il pneumatico è un materiale composito, di forma toroidale, costituito da una rete di filamenti tessili o metallici arrangiati in una configurazione in parallelo ed immersi in una matrice gommosa, formata da diversi tipi di miscele elastomeriche.



Struttura dello pneumatico

- 1) Battistrada
- 2) Bordo del battistrada

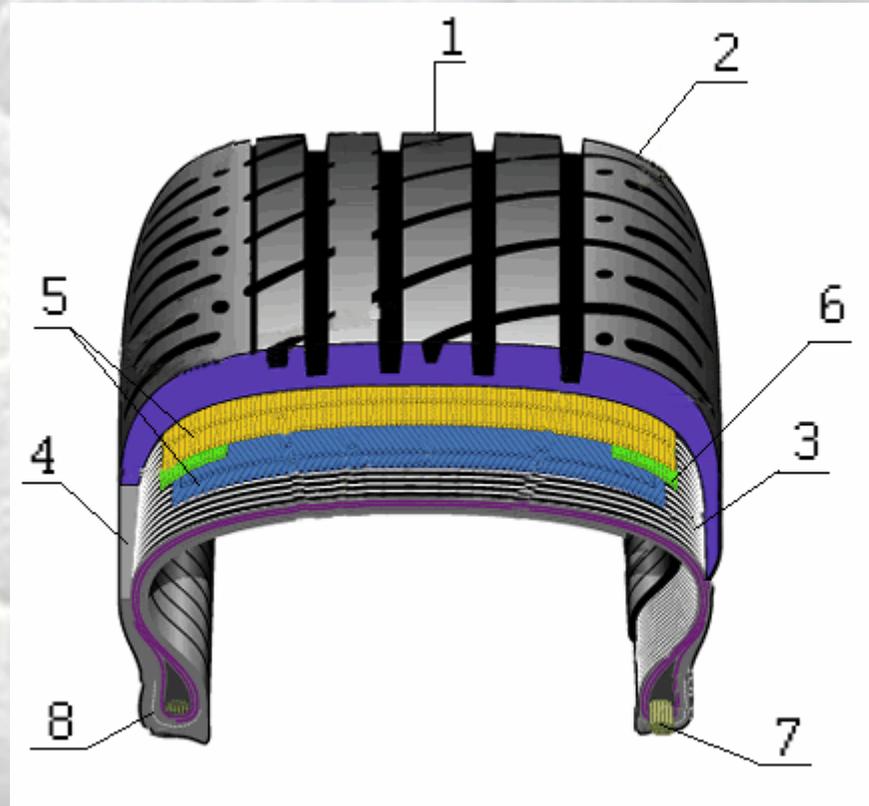


è l'elemento a contatto con l'asfalto, assicura la trazione del mezzo, resiste all'usura e protegge la carcassa.

Struttura dello pneumatico

3) Carcassa

Carcassa o Tela: consente la trasmissione di tutte le forze di carico tra ruota e terreno, inoltre garantisce la resistenza alla pressione di gonfiaggio e successivamente di esercizio.



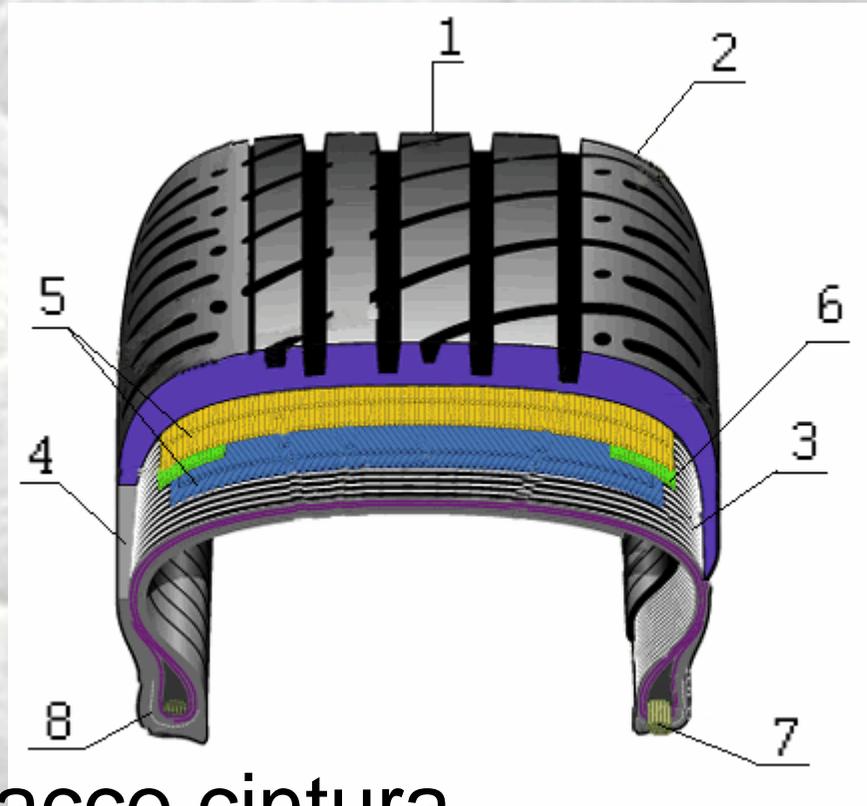
Struttura dello pneumatico

4) Spalla

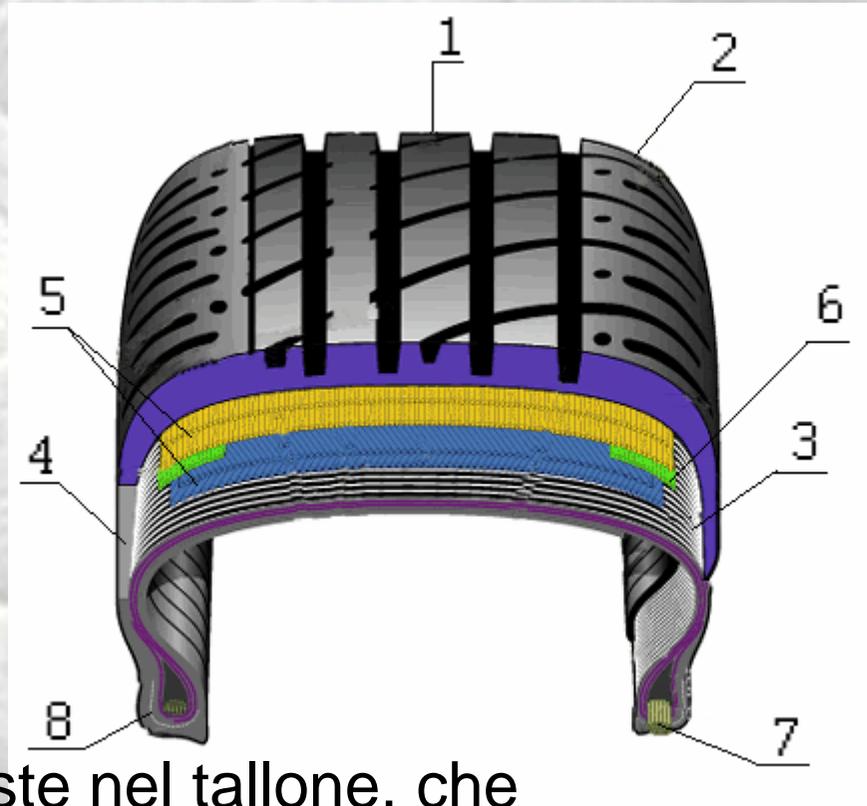
5) Pacco cintura

6) Rinforzi laterali del pacco cintura

Pacco cintura: strati multipli di corde o fili d'acciaio interposte tra la carcassa e il battistrada, che aumentano la resistenza dello pneumatico, stabilizzano il battistrada garantendo protezione contro urti e forature.



- 7) Cerchietti
- 8) Tallone



Cerchietti: Fasce d'acciaio poste nel tallone, che accomodano il pneumatico sul cerchione e lo mantengono in posizione, evitando un suo sfilamento.

Tallone: Strato di tela gommata che impedisce l'usura provocata dallo sfregamento del tallone contro il bordo del cerchio e garantisce l'attrito necessario per evitarne la rotazione sullo stesso.



Estrema complessità della struttura

Materiale composito

(primo problema per riciclo)

Mescola: Con il termine “mescola” si intende l’insieme di elastomero, cariche di rinforzo, additivi e diversi elementi che compongono la “gomma”.

<i>Ingredienti</i>		<i>phr</i>
Elastomero (NR, SBR...)		100
Zolfo		1 – 1.5
Acceleranti		2
Attivanti	Acido stearico	1 - 3
	ZnO	3.5 - 5
Plastificanti		10 - 15
Ausiliari di lavorazione		2.5
Cariche rinforzanti (CB, SiO₂)		40 - 50
Antinvecchianti		2

Tipica formulazione: 40-45 ingredienti (di cui 30-35 “segreti”)
Mix di organico ed inorganico
Variabilità nelle mescole



**Estrema complessità anche della
sola parte “gomma”**

(secondo problema per riciclo)

ELASTOMERO

Naturale

presente come sospensione colloidale nel lattice estratto dalla corteccia dell' *Havea Brasiliensis*



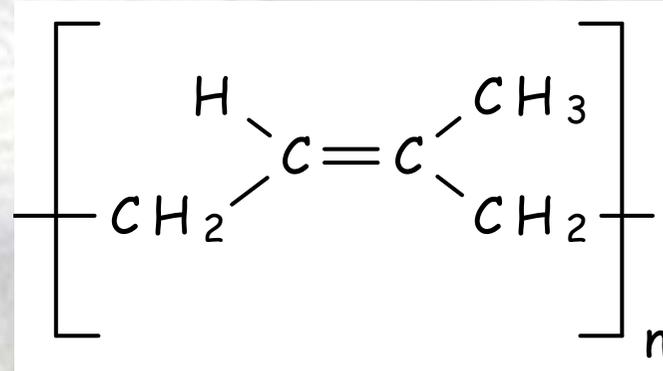
Sintetico

sostanze polimeriche ad alto peso molecolare ottenute per via sintetica



Gomma naturale

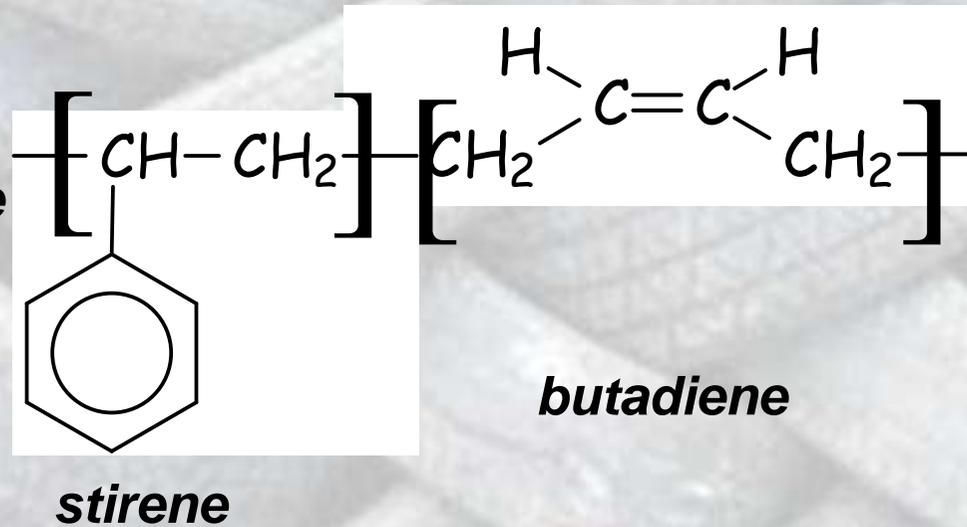
1,4-poliisoprene-cis



Gomme sintetiche

**Copolimeri stirene-butadiene
(SBR)**

random

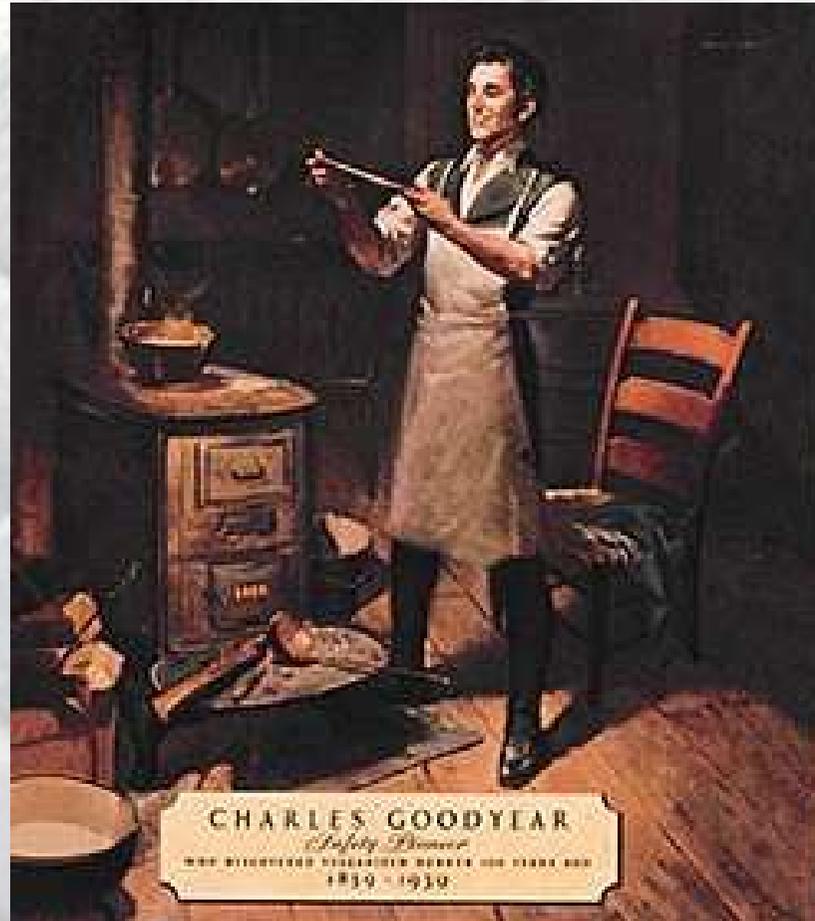


Mescola "cruda"



Pneumatico

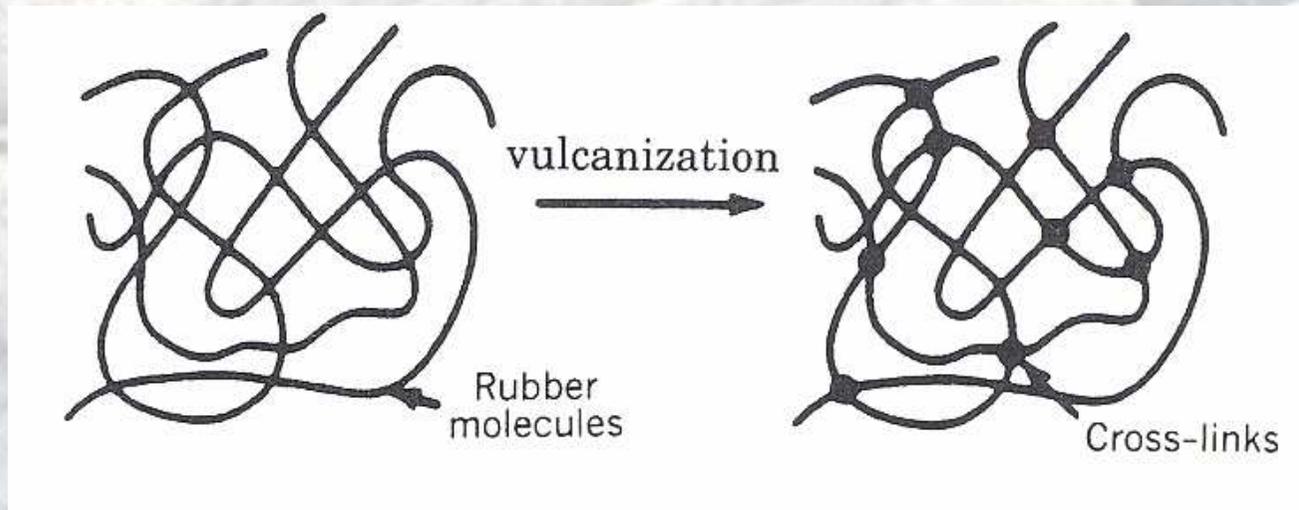
Vulcanizzazione
"in stampo"



Charles Goodyear

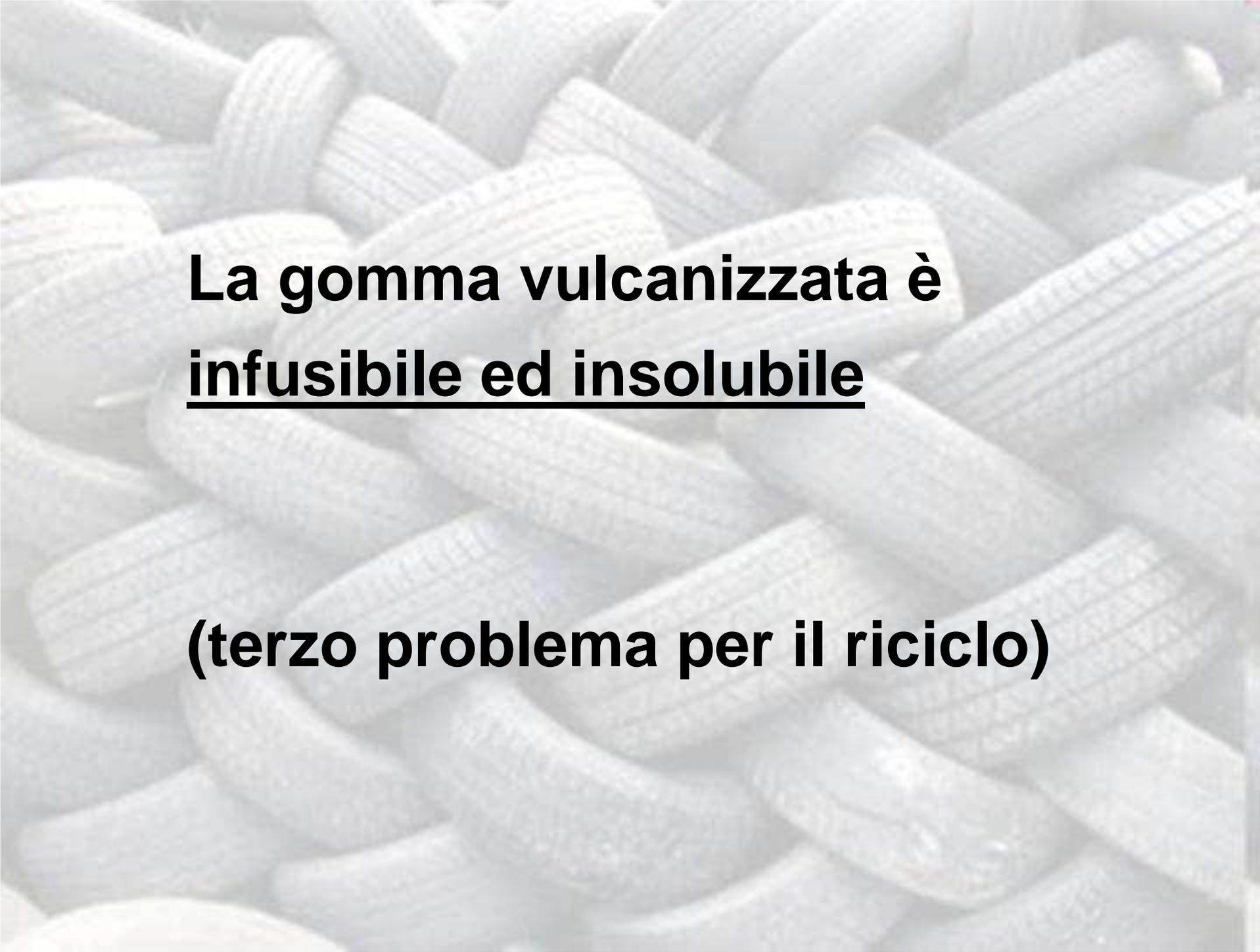
Vulcanizzazione

Trasformazione chimica che origina ponti di zolfo tra le catene polimeriche della gomma



Il materiale diventa un'unica "macromolecola".

Si passa da comportamento plastico a comportamento elastico:
ritorno istantaneo alla dimensioni originarie alla rimozione del carico senza subire deformazioni permanenti



**La gomma vulcanizzata è
infusibile ed insolubile**

(terzo problema per il riciclo)



Quando un **pneumatico** non ha più le **caratteristiche indispensabili per una prestazione sicura ed efficiente**, neanche attraverso la ricostruzione, diventa "**fuori uso**" – ovvero un rifiuto – e viene inviato alla raccolta e **recupero**.

PFU = Pneumatico Fuori Uso



Lo smaltimento ed il recupero dei rifiuti di gomma vulcanizzata (PFU) costituisce un

PROBLEMA DI IMPATTO AMBIENTALE

RECENTE PASSATO



DISCARICA
"CONTROLLATA"

Quadro legislativo Normative smaltimento rifiuti in gomma

Direttiva Europea 31 CE del 26 Aprile 1999
recepita dall'Italia con D.Lgs. 36 del 13 Gennaio 2003
ha bandito a partire

✓ dal 17 Luglio 2003



conferimento in discarica
dei pneumatici tal quali

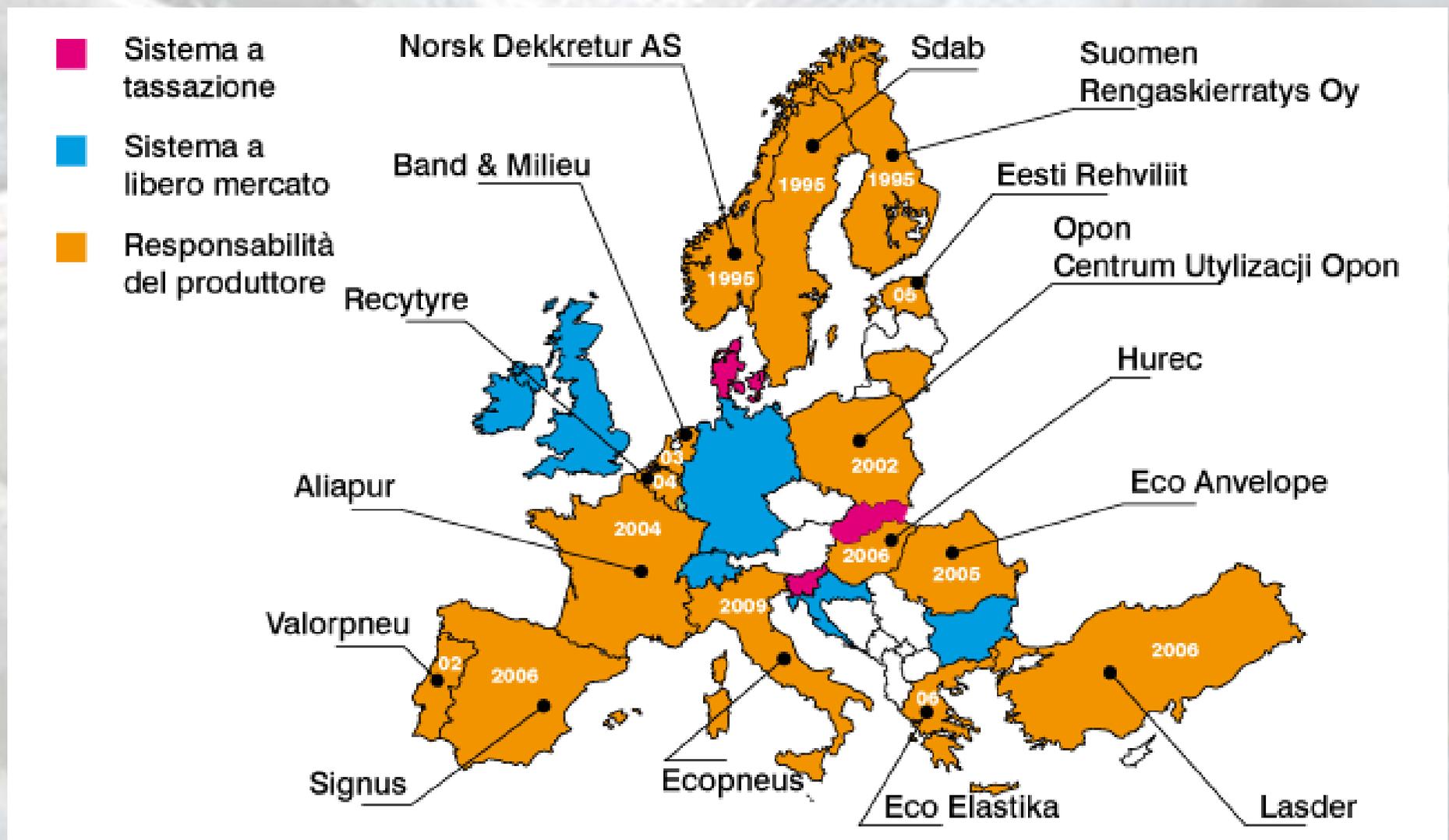
✓ dal 17 Luglio 2006



conferimento in discarica dei
pneumatici anche in forma triturata

articolo 228 del decreto legislativo n. 152/06 s.m.i., alla base del Dm 82 dell'11 aprile 2011

al fine di garantire il perseguimento di **finalità di tutela ambientale** secondo le migliori tecniche disponibili, ottimizzando, anche tramite attività di ricerca, sviluppo e formazione il recupero dei PFU e per ridurre la formazione anche attraverso la ricostruzione **è fatto obbligo ai produttori e importatori di pneumatici di provvedere, singolarmente o in forma associata e con periodicità almeno annuale, alla gestione di quantitativi di PFU pari a quelli dai medesimi immessi sul mercato e destinati alla vendita sul territorio nazionale, provvedendo anche ad attività di ricerca, sviluppo e formazione finalizzata ad ottimizzare la gestione dei PFU nel rispetto dell'articolo 177, comma 1.**



Sistemi di gestione dei PFU in Europa

Waste Tyres Arising 1996 – 2003

(Source: European Tyre Recycling Association, ETRA, Unit: 1000 tonnes)

	1996	1998	2000	2002	2003
Austria	40	41	50	50	50
Belgium	65	70	70	70	72
Denmark	38	38.5	37.5	39.5	41
Finland	30	30	30	32	42
France	480	380	370	401	390
Germany	650	650	650	640	600
Greece	58	58.5	58.5	58.5	50
Ireland	7.6	7.6	32	32	32
Italy	360	360	350	350	388
Luxembourg	2	2	2.8	3	5.5
Netherlands	65	65	67	67.5	67.5
Portugal	20	45	52	52	50
Spain	115	330	244	280	301
Sweden	65	65	60	60	64
UK	400	380	435	435	450
Total	2400	2520	2510	2570	2600

Il flusso dei PFU in dettaglio in Italia (stime Ecopneus).

PRODUZIONE PFU	ton/anno	ESITO PFU OGGI
Pneumatici staccati al ricambio	365.000	
Pneumatici fuori uso provenienti da veicoli a fine vita (demolizione)	61.000	
Totale	426.000	
	di cui	
	46.000	ricostruzione o riutilizzo
	380.000	identificati come PFU
	di cui	
	180.000	recupero di energia
	100.000	recupero di materiale
	100.000	dispersi in discariche illegali

Fino ad oggi sono state **19 le inchieste per traffico illecito di rifiuti, che hanno riguardato i PFU.**

Sono **1049 le discariche abusive individuate** sul territorio italiano dal 2005 al 2010, per un'estensione che supera ampiamente i **6 milioni di metri quadrati**, superficie **equivalente a oltre 800 campi da calcio.**



Filbin/Oxford tire fire,

California, USA

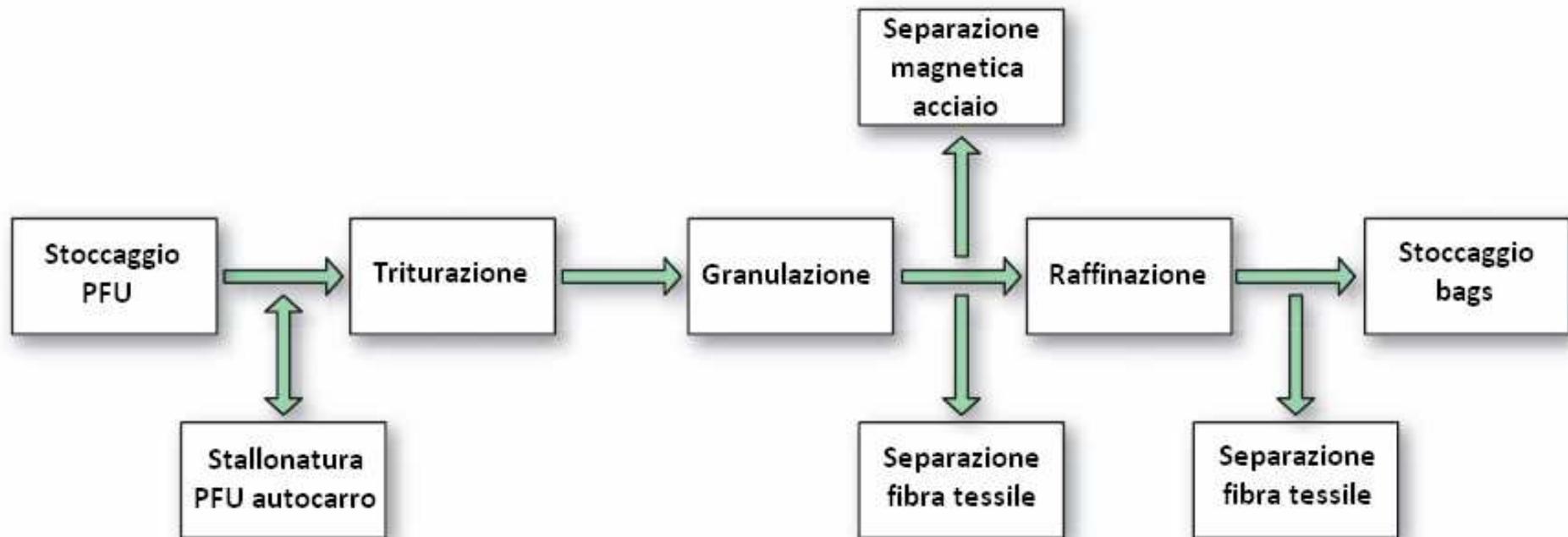
September 1999

**6-8*10⁶ tires in
flames**

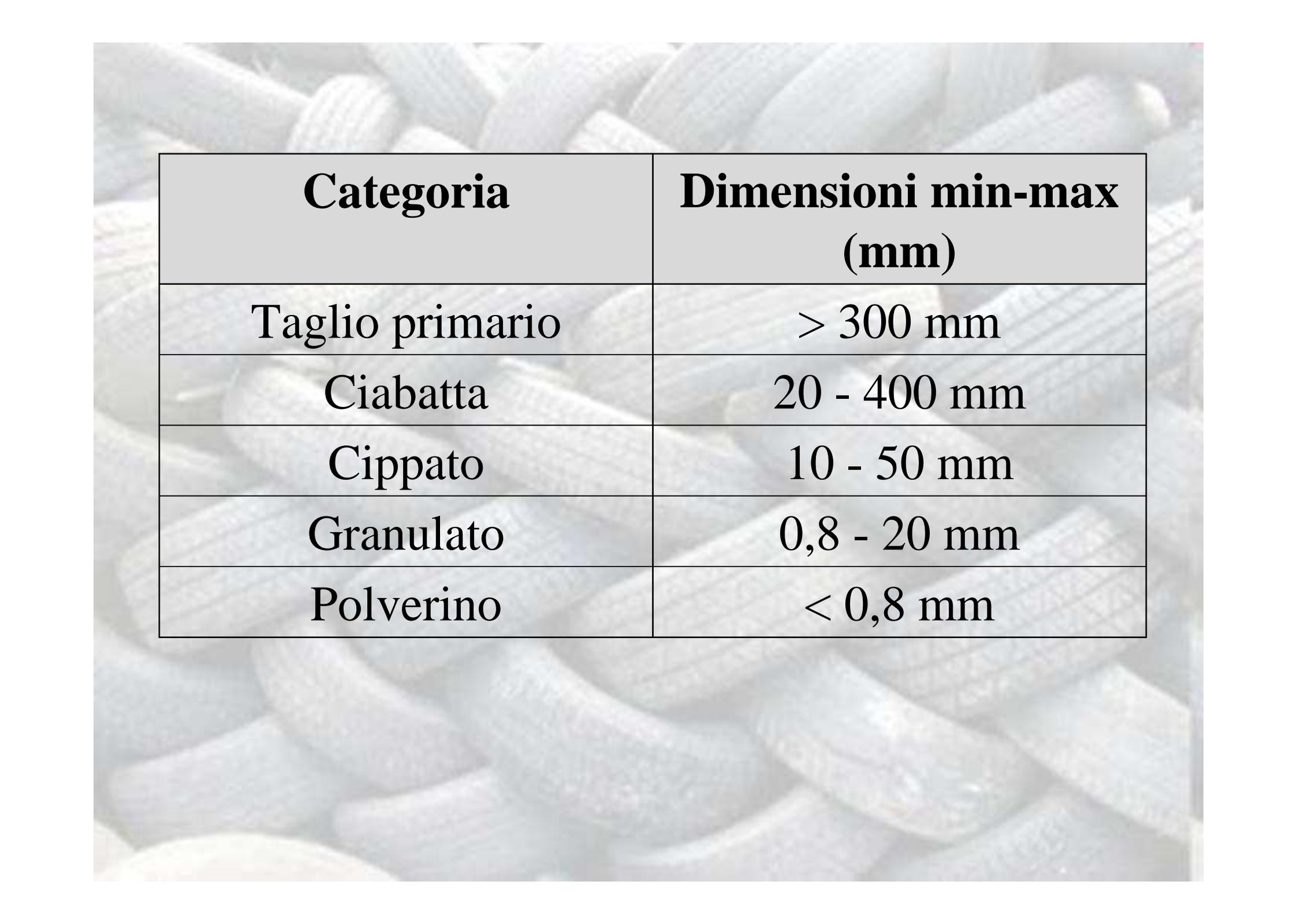


Riutilizzo dei PFU

Il PFU si presta per l'utilizzo in numerose applicazioni, sotto forma di granulo di varie dimensioni.







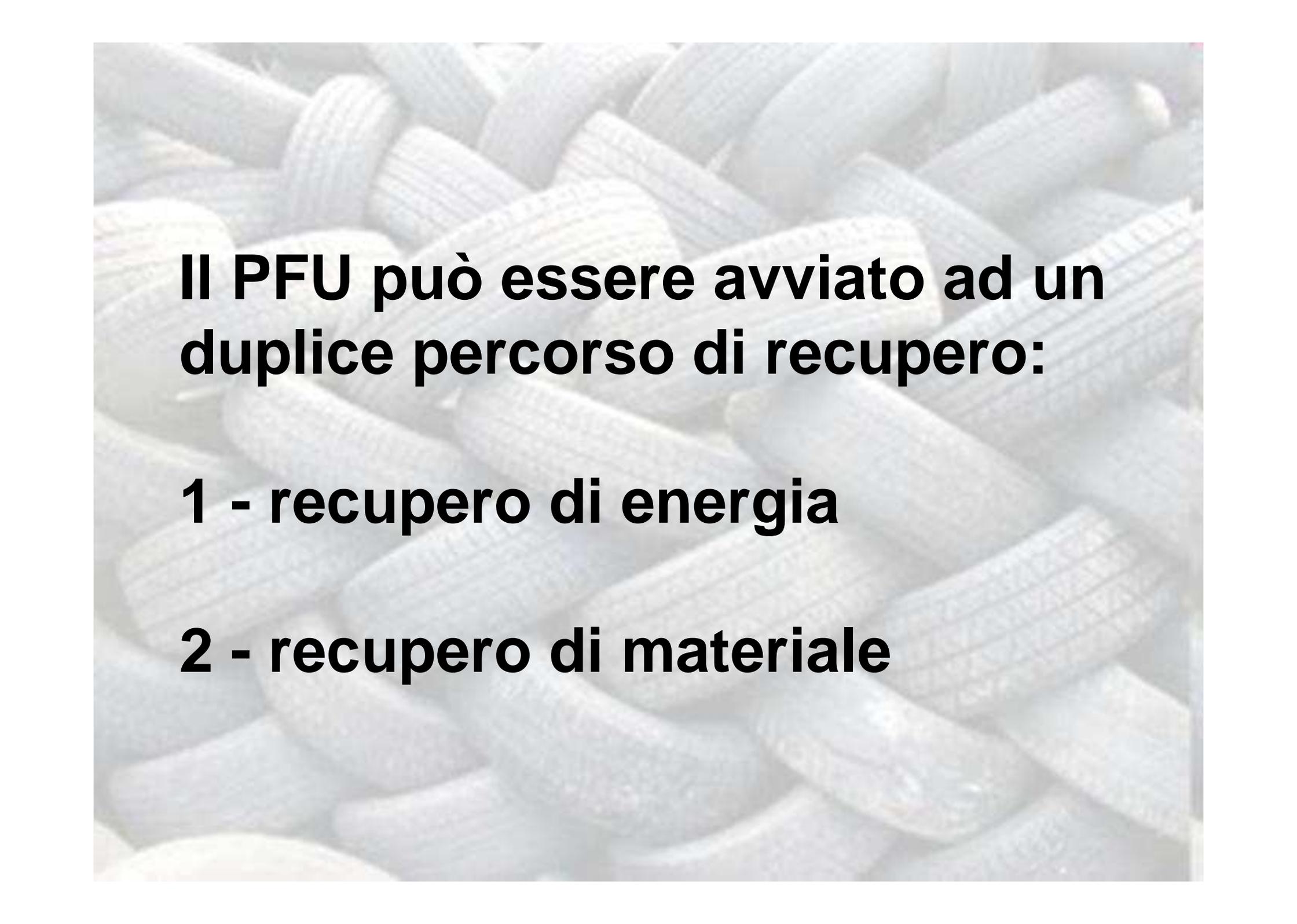
Categoria	Dimensioni min-max (mm)
Taglio primario	> 300 mm
Ciabatta	20 - 400 mm
Cippato	10 - 50 mm
Granulato	0,8 - 20 mm
Polverino	< 0,8 mm



Per la produzione di **granulato di gomma e polverino** la soluzione maggiormente diffusa è la **macinazione meccanica**, a **temperatura ambiente**.

In alternativa, la produzione di granulato e polverino può avvenire sempre meccanicamente ma in ambienti a **bassa temperatura** (azoto liquido).

Sono **in corso di sviluppo** anche modalità basate sulla granulazione con **getti d'acqua ad altissima pressione**.



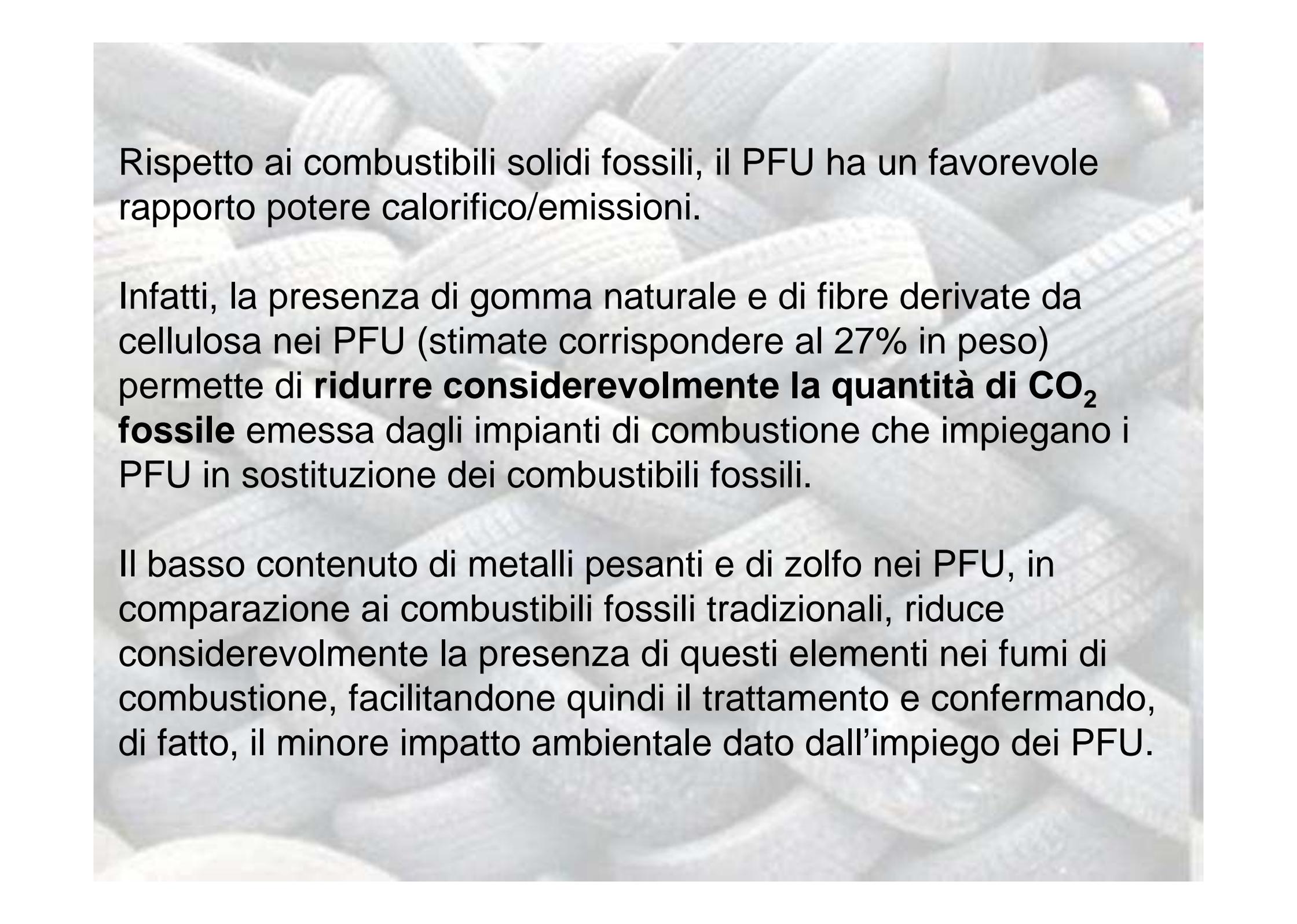
**Il PFU può essere avviato ad un
duplice percorso di recupero:**

1 - recupero di energia

2 - recupero di materiale

1 – recupero energia

Il PFU è caratterizzato da un **potere calorifico** pari a quello del **carbone** e ciò lo rende una fonte energetica largamente usata in tutto il mondo per soddisfare la domanda di **settori industriali altamente "energivori"**, come cementifici o centrali di produzione di energia/vapore, che lo utilizzano sotto vari formati (intero, ciabatta, cippato).



Rispetto ai combustibili solidi fossili, il PFU ha un favorevole rapporto potere calorifico/emissioni.

Infatti, la presenza di gomma naturale e di fibre derivate da cellulosa nei PFU (stimate corrispondere al 27% in peso) permette di **ridurre considerevolmente la quantità di CO₂ fossile** emessa dagli impianti di combustione che impiegano i PFU in sostituzione dei combustibili fossili.

Il basso contenuto di metalli pesanti e di zolfo nei PFU, in comparazione ai combustibili fossili tradizionali, riduce considerevolmente la presenza di questi elementi nei fumi di combustione, facilitandone quindi il trattamento e confermando, di fatto, il minore impatto ambientale dato dall'impiego dei PFU.



Le destinazioni d'uso per il recupero energetico dei PFU

Il canale predominante in Italia è il recupero energetico nei **cementifici**, con 5 impianti attivi e oltre 60.000 ton di PFU impiegate, quantità che comprende le destinazioni come flusso singolo e come miscela in CDR (Combustibile Da Rifiuti).

Parallelamente, per la **produzione di energia elettrica**, gli impianti italiani utilizzano più di 45.000 ton di PFU, sia come flusso singolo che in CDR.



Altre destinazioni d'uso:

Cartiere

L'impiego di cippato da PFU, in parziale sostituzione di legno di scarto e corteccia, permette di incrementare l'efficienza di combustione delle caldaie industriali in cartiera, oltre a preservare la corteccia per impieghi più idonei.

Impianti di produzione calce

Gli impianti di produzione della calce, analogamente ai cementifici, possono utilizzare i combustibili derivati da PFU. La produzione di calce non richiede tuttavia i lunghi tempi di cottura del clinker che sono invece ottimali per garantire la completa combustione dei PFU. Per questo motivo e per il possibile scurirsi della calce ottenuta, l'impiego in tali impianti è assai limitato.

2 – recupero materiale

Superfici sportive

Intaso per campi in erba artificiale e piste da atletica, pavimentazioni antitrauma e superfici equestri. Le proprietà drenanti del materiale, unite alla capacità elastica di assorbire gli urti rendono il granulo di PFU particolarmente adatto a tali impieghi.





Materiale per l'isolamento

Il granulo di gomma, legato con resine poliuretatiche, viene utilizzato per produrre **pannelli insonorizzanti, tappetini anti-calpestio, membrane impermeabilizzanti, materiali anti-vibranti e anti-sismici.**



Materiale per pacciamatura

Il cippato rivestito con resine poliuretaniche e colorato in diverse tonalità ha trovato larga applicazione in sostituzione alla corteccia di conifere per la pacciamatura di giardini pubblici e privati, aiuole spartitraffico, rotatorie ecc.



Arredo urbano, pavimenti e manufatti

Il granulo di gomma, legato con resine poliuretaniche o in combinazione con polimeri termoplastici, viene utilizzato per la produzione di elementi di arredo urbano (dossi artificiali, delimitatori di traffico, cordoli, ecc), materassi per l'allevamento degli animali, mattonelle in gomma ecc.



Opere di Ingegneria Civile

I PFU **interi** sono talvolta utilizzati come elemento costruttivo di barriere insonorizzanti, barriere anti-erosione, stabilizzazione di pendii, protezioni costiere, terrapieni stradali drenanti e termo-isolanti e drenaggi di base in nuove discariche.

I PFU **frantumati** sono utilizzati in sostituzione di inerti minerali per la realizzazione di fondazioni stradali/ferroviarie, rilevati stradali alleggeriti (ponti e gallerie) e bacini di ritenzione delle acque piovane.



barriere antiurto per autostrade
e parabordi

Riutilizzo in mescola

I polverini di gomma sono riciclati nelle nuove mescole per la produzione di articoli tecnici in quantità percentuali variabili in funzione delle prestazioni richieste al prodotto finale e, in minima parte, nelle mescole dei pneumatici.



Acciaierie ad arco elettrico

Oltre al recupero, per seconda fusione, dell'acciaio derivante dalla frantumazione dei PFU, è in crescita l'interesse delle acciaierie verso la **parziale** sostituzione dell'antracite e coke (utilizzati quali combustibili, riducenti degli ossidi metallici e fonte di carbonio) con PFU frantumato.

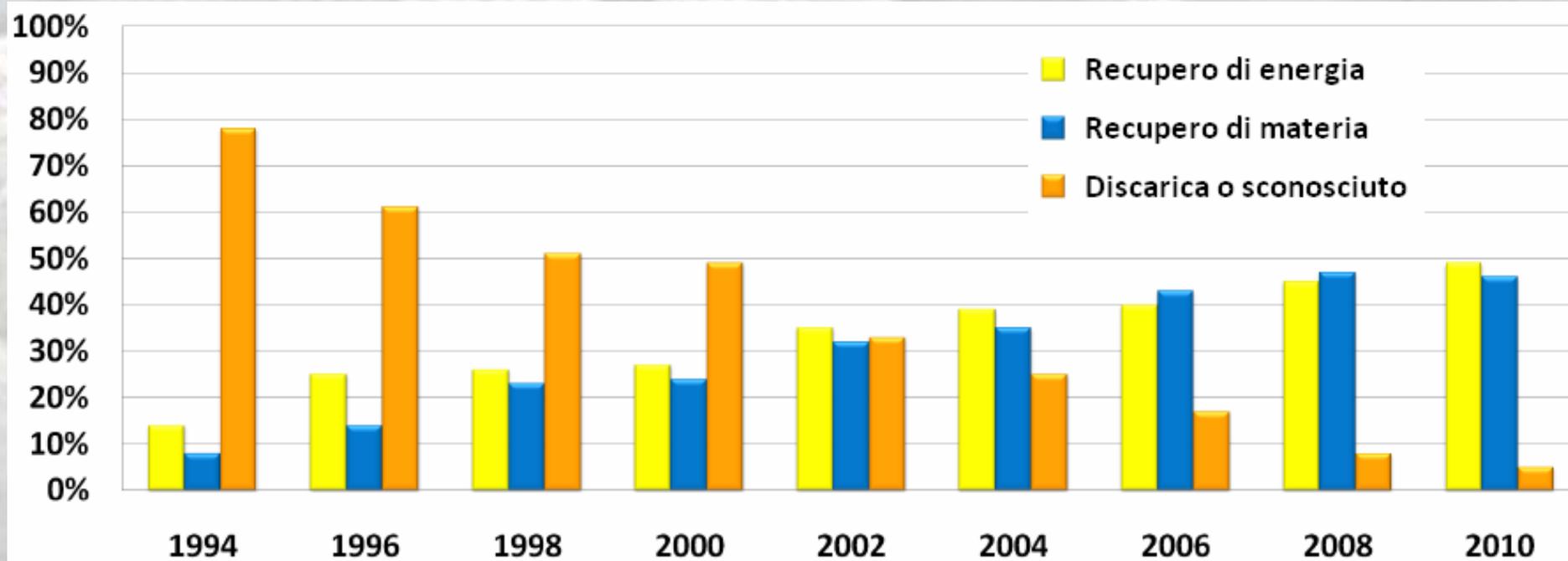


Pneumatico intero

rifugi artificiali per habitat ittico

materiali di copertura in discariche ed applicazioni agricole





Evoluzione del recupero di PFU in Europa

De-vulcanizzazione (Rigenerazione)

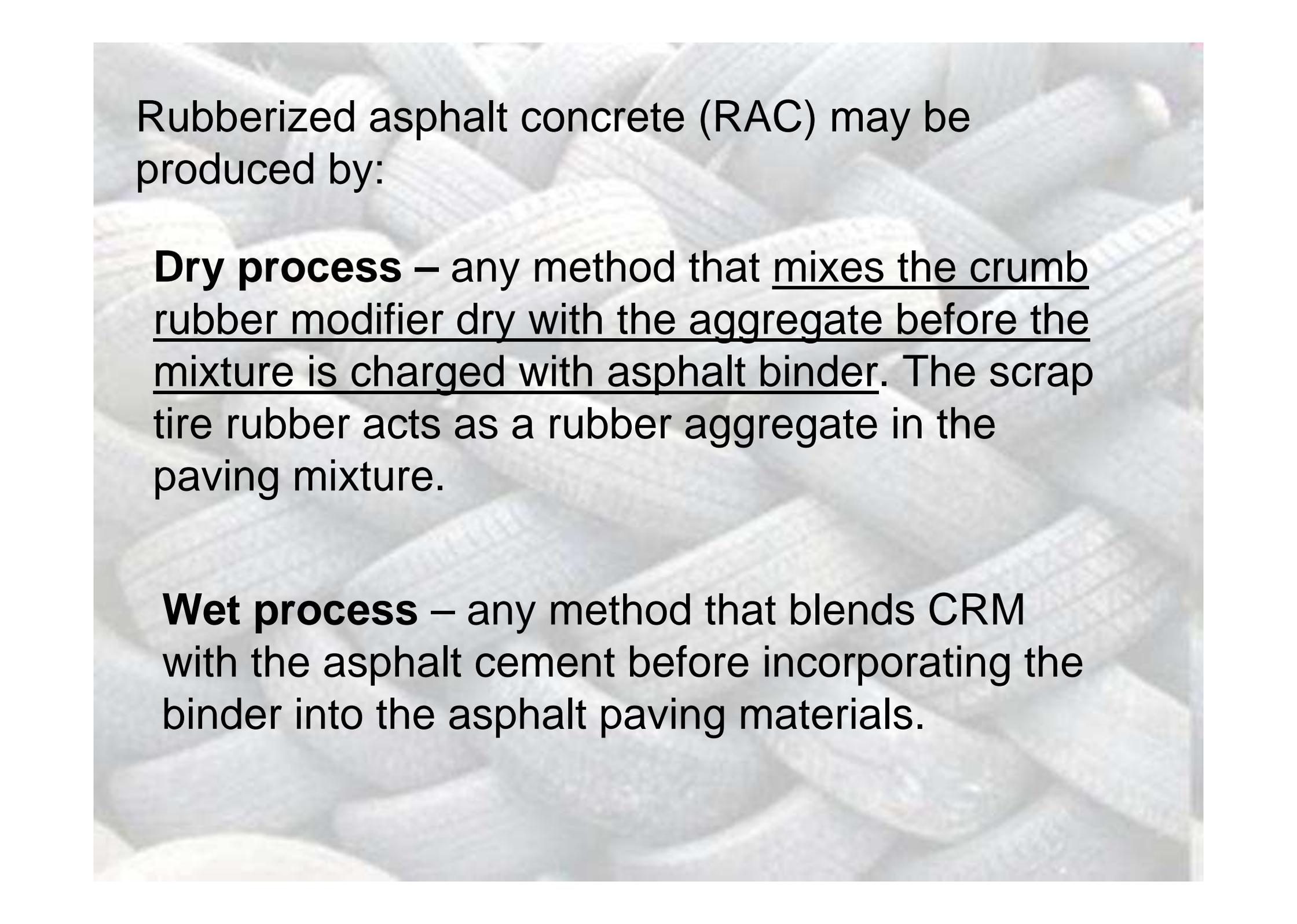
I polverini e granuli di gomma, se sottoposti ad azione meccanica, termica o irradiati da ultrasuoni o microonde, subiscono un processo di **devulcanizzazione** con risultati variabili in funzione del materiale di partenza e della tecnologia utilizzata.

Il prodotto finale è idoneo al reimpiego in nuove mescole di gomma anche in percentuali elevate; tale operazione permette quindi il completo riciclo dei polimeri che vengono legati alle nuove materie prime mediante un secondo processo di vulcanizzazione.

NON E' VERO



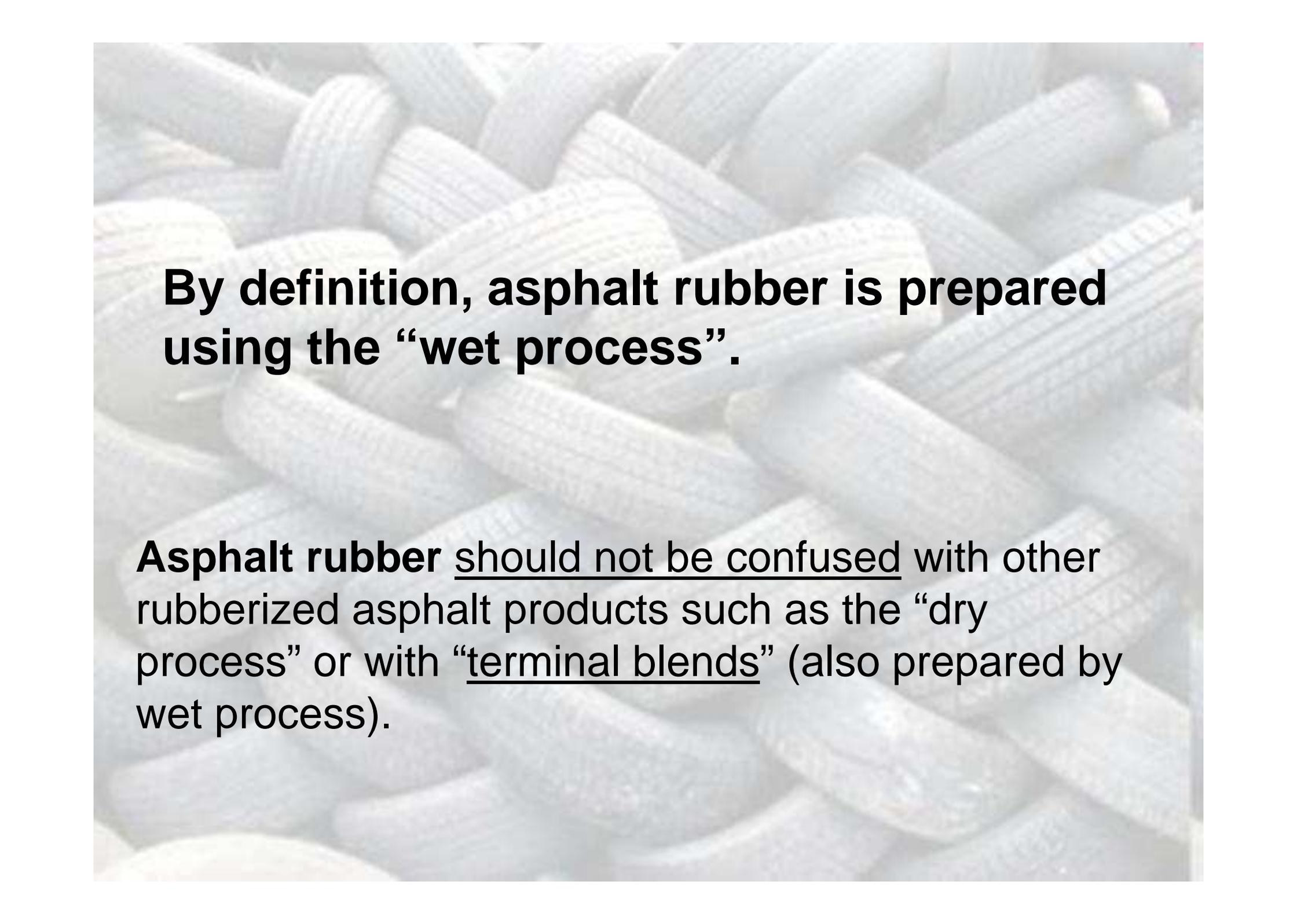
Asphalt rubber



Rubberized asphalt concrete (RAC) may be produced by:

Dry process – any method that mixes the crumb rubber modifier dry with the aggregate before the mixture is charged with asphalt binder. The scrap tire rubber acts as a rubber aggregate in the paving mixture.

Wet process – any method that blends CRM with the asphalt cement before incorporating the binder into the asphalt paving materials.



By definition, asphalt rubber is prepared using the “wet process”.

Asphalt rubber should not be confused with other rubberized asphalt products such as the “dry process” or with “terminal blends” (also prepared by wet process).



1 waste tyre generated per person per year

Waste tyres processed to crumb rubber



Crumb rubber is blended with bitumen and used to produce asphalt rubber



1,250 waste tyres used per lane kilometer in a 50 mm overlay



Asphalt rubber is used in a typical paving procedure

Asphalt-Rubber uses over 2,000 TIRES per lane-mile on a typical 2" overlay.



Bitume

- Oli saturi
 - Oli aromatici
 - Resine
- } Malteni
- Asfalteni

Sistema colloidale

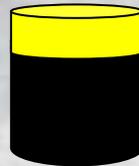
micelle (o aggregati di micelle asfalteniche)
disperse nella matrice maltenica

Polymer Modified Asphalts (PMA)

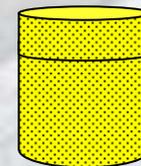
polimero



bitume

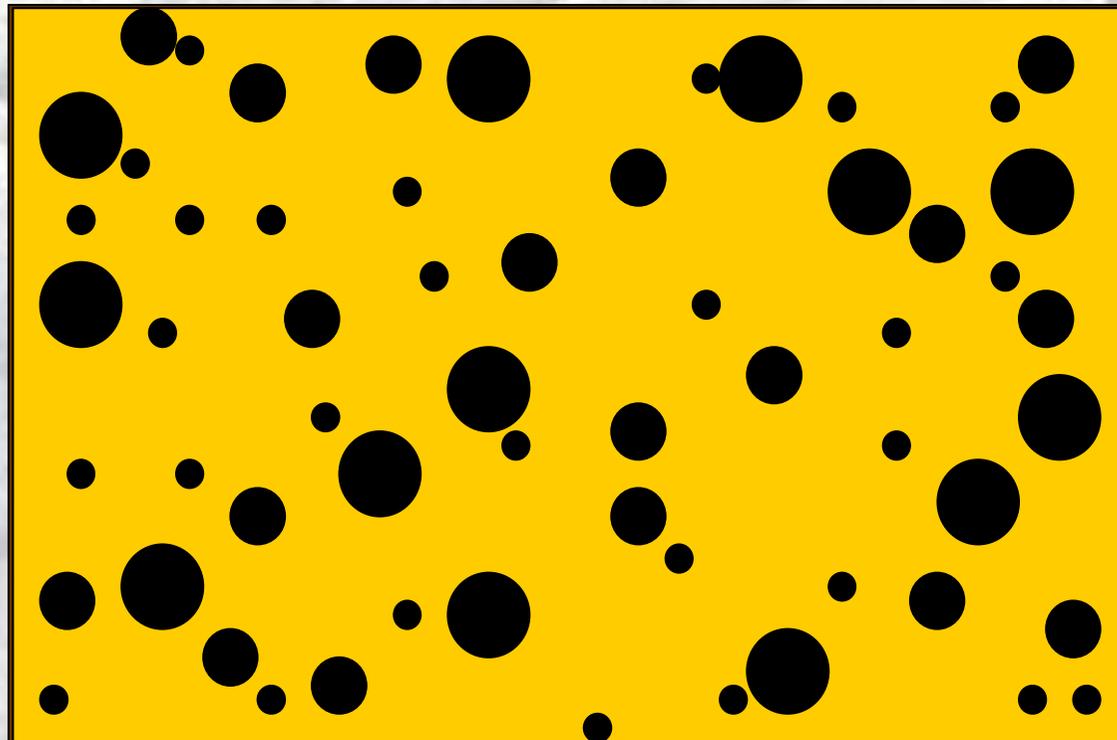


2-10%
polimero

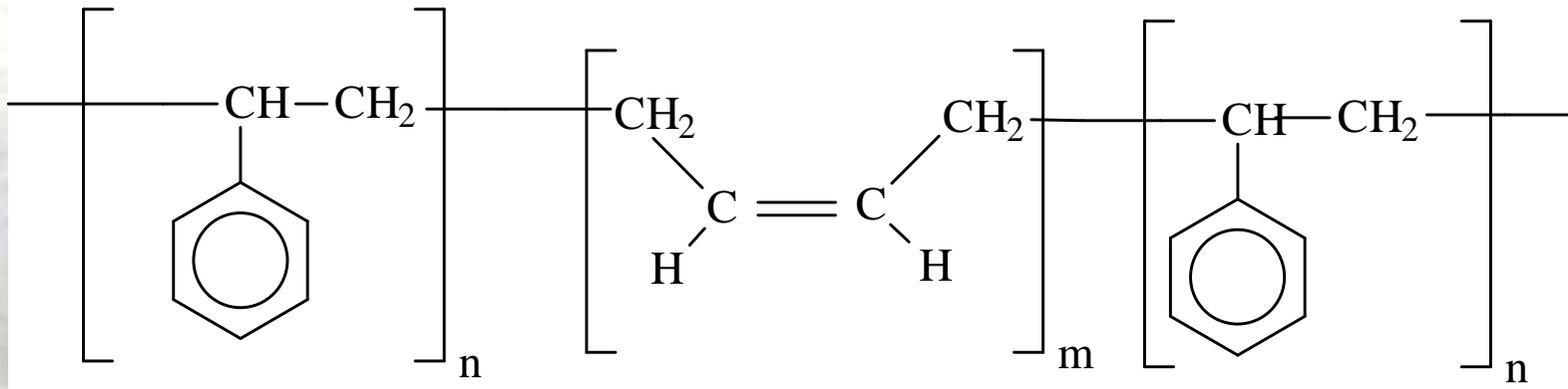


PMA

INVERSIONE DI FASE



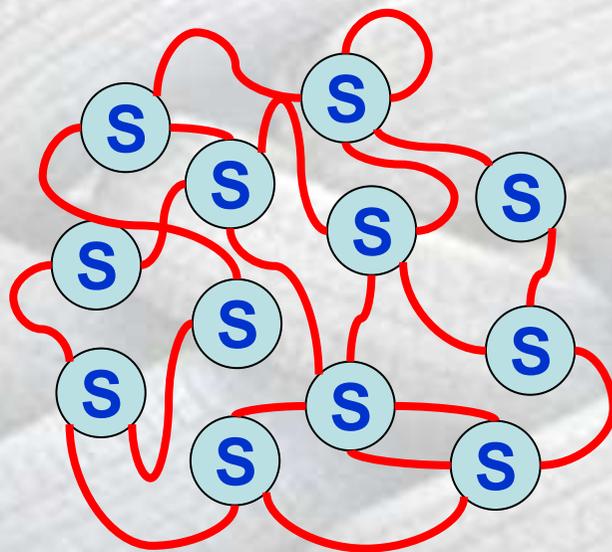
ELASTOMERI TERMOPLASTICI: **SBS**



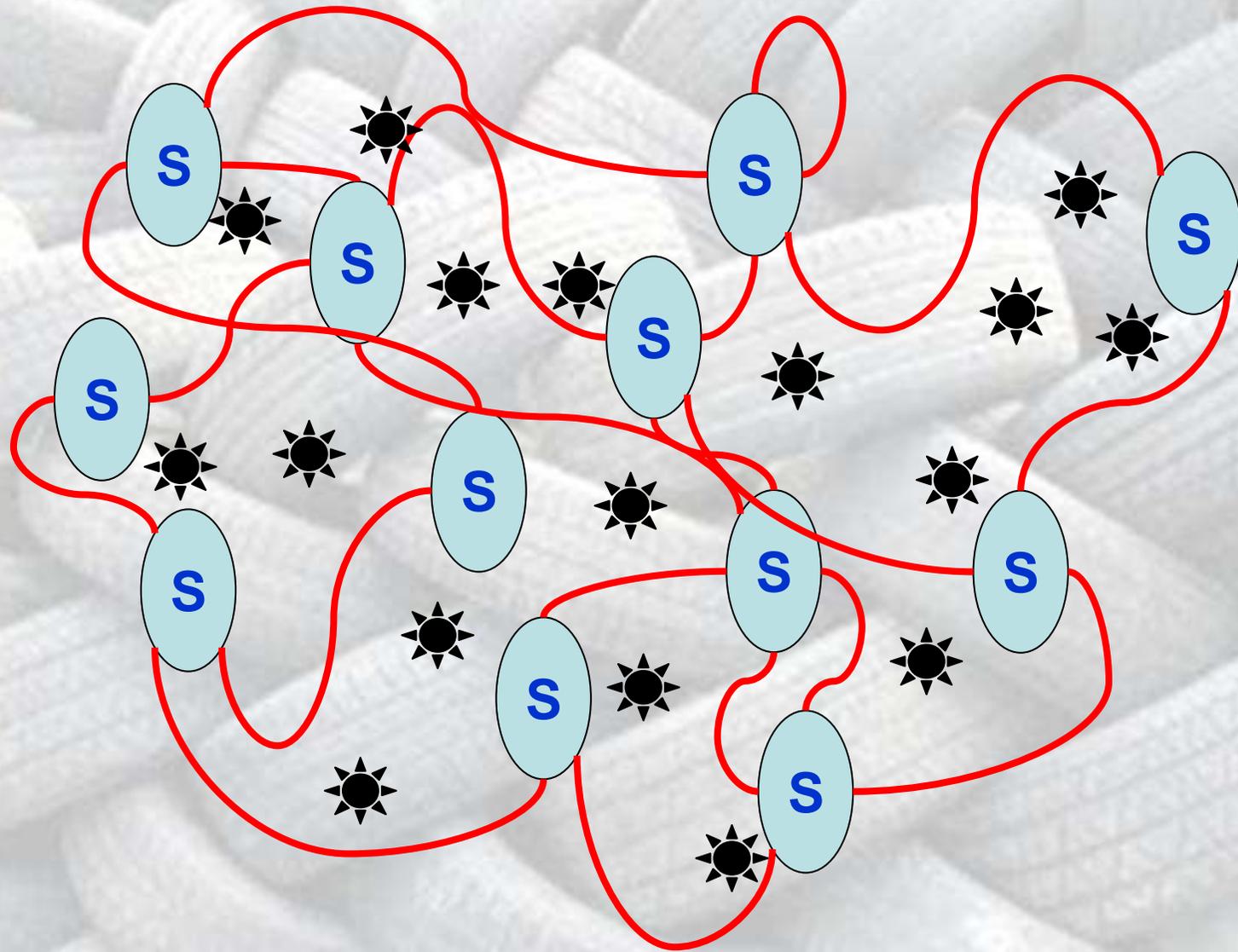
**Stirene: struttura rigida, compatta
acarsa miscibilità con il bitume**

Domini stirenici, sotto T_g a T amb.

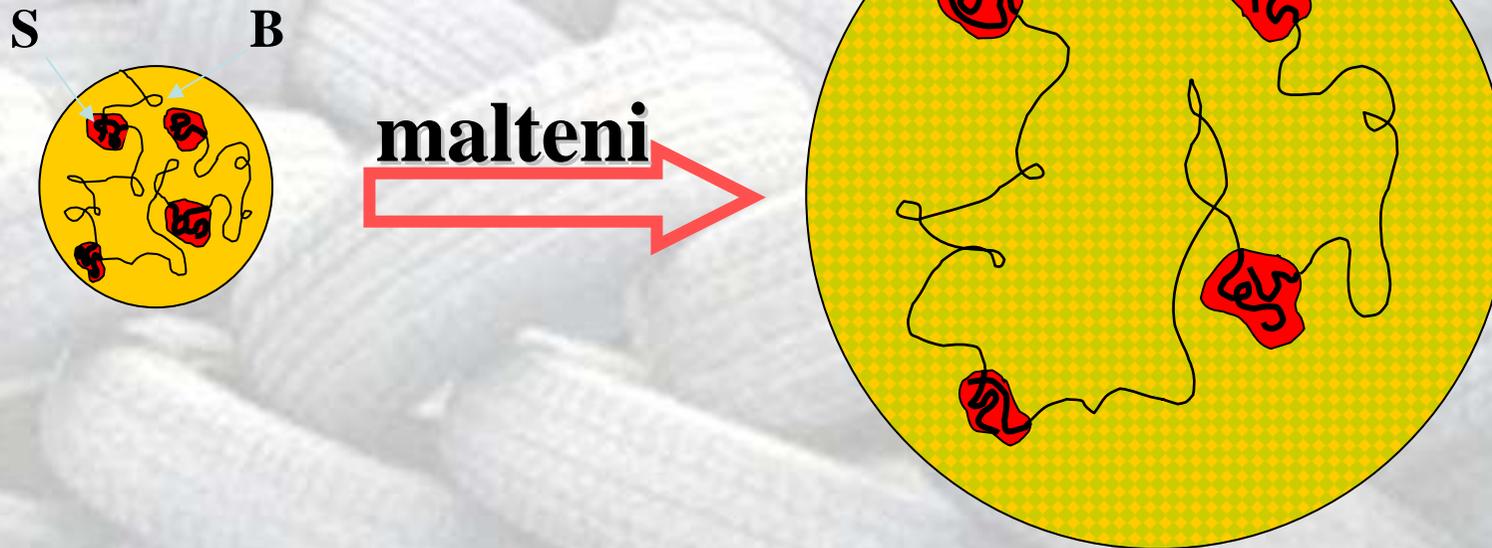
**Butadiene: polare, flessibile
buona miscibilità con il bitume**



SBS (reticolo fisico anziché chimico)



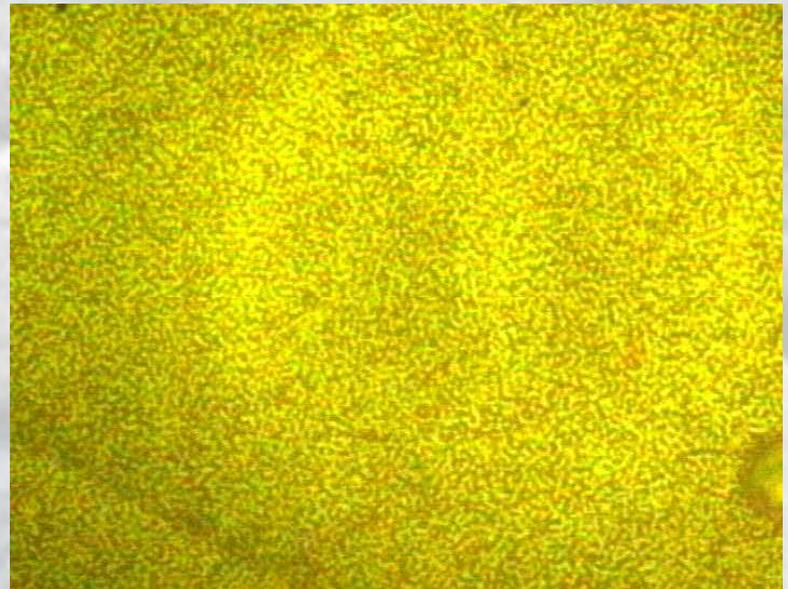
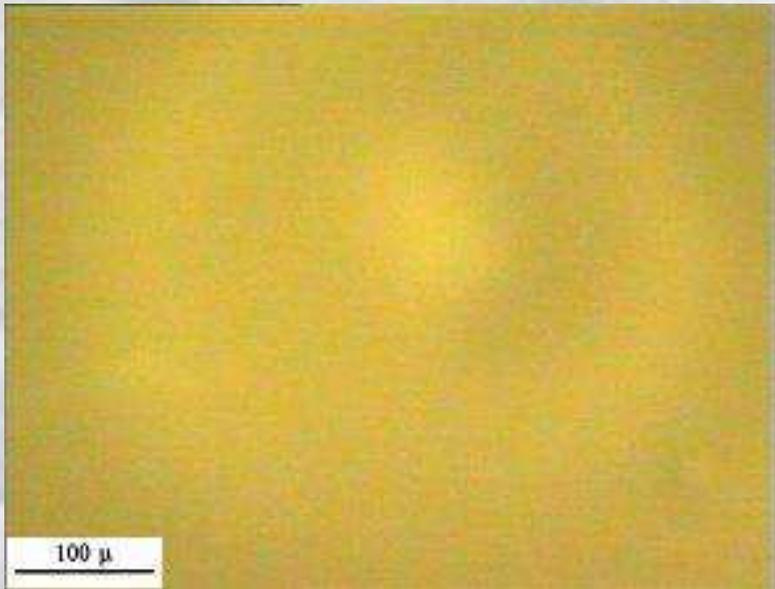
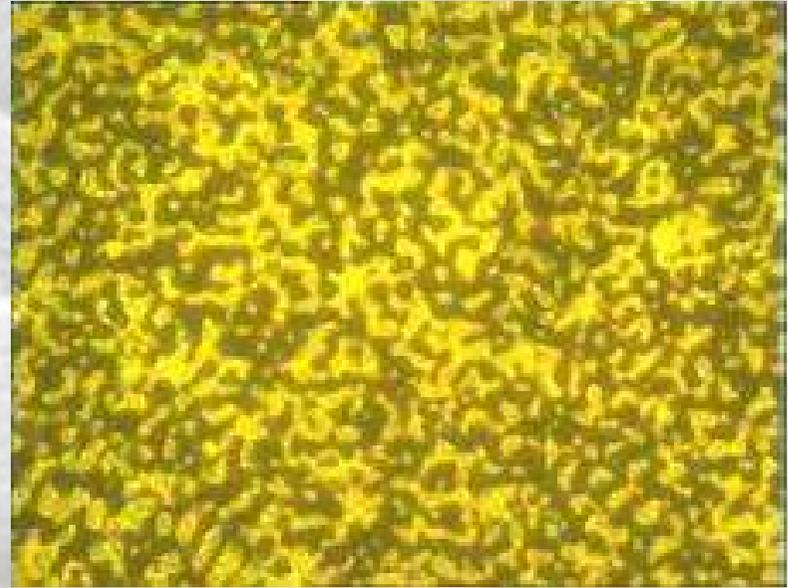
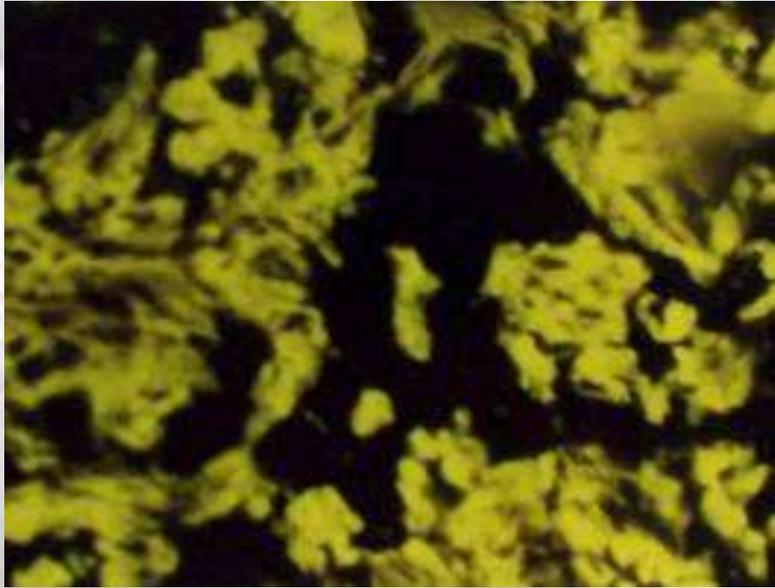
SBS + bitume

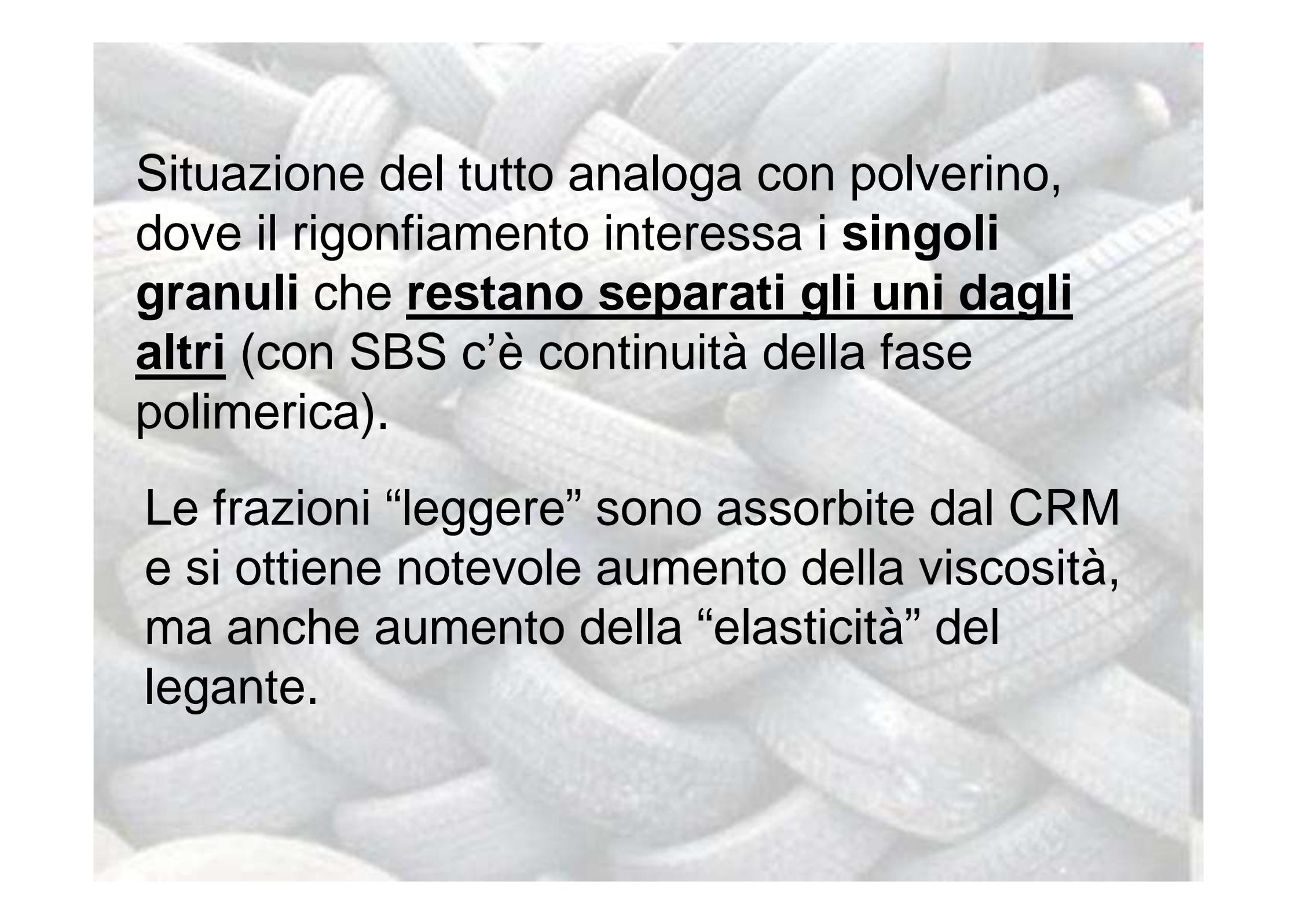


Il polimero assorbe prevalentemente la frazione maltenica e si “rigonfia” formando un reticolo (network) che interessa l’intera massa.

Si ottiene sostanziale “**modifica**” delle proprietà reologiche.

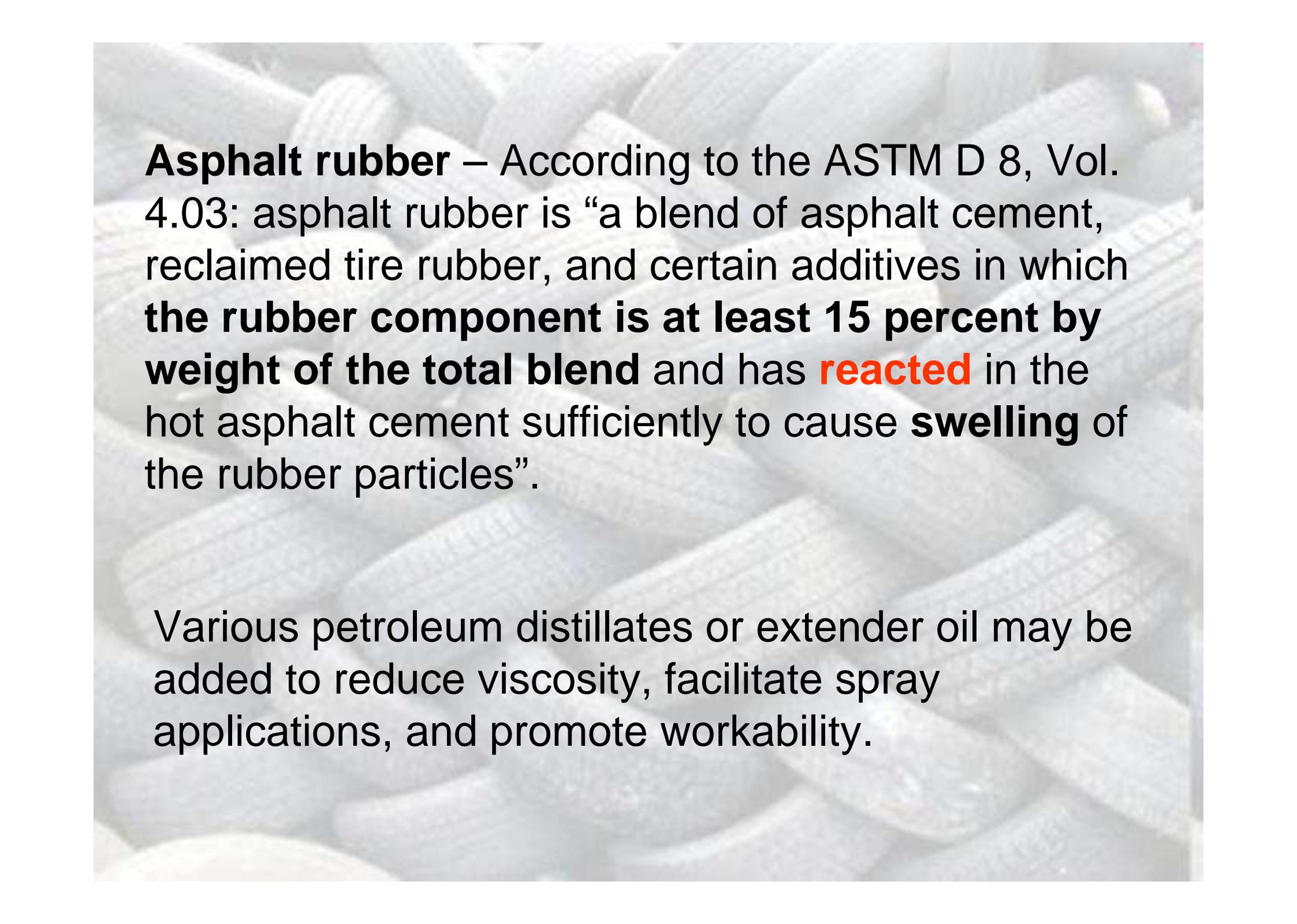
Comportamento “macroscopicamente” elastico.





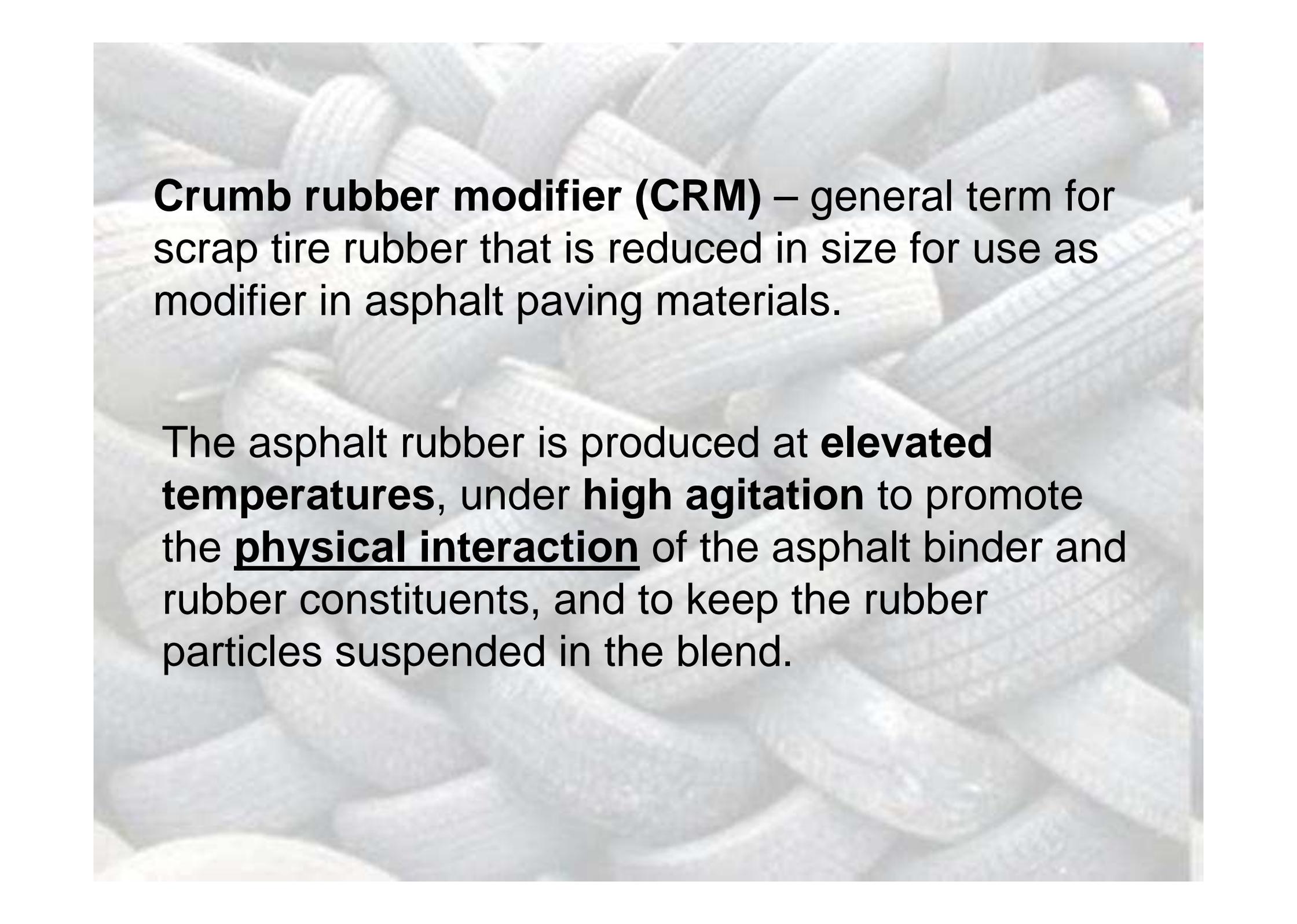
Situazione del tutto analoga con polverino, dove il rigonfiamento interessa i **singoli granuli che restano separati gli uni dagli altri** (con SBS c'è continuità della fase polimerica).

Le frazioni “leggere” sono assorbite dal CRM e si ottiene notevole aumento della viscosità, ma anche aumento della “elasticità” del legante.



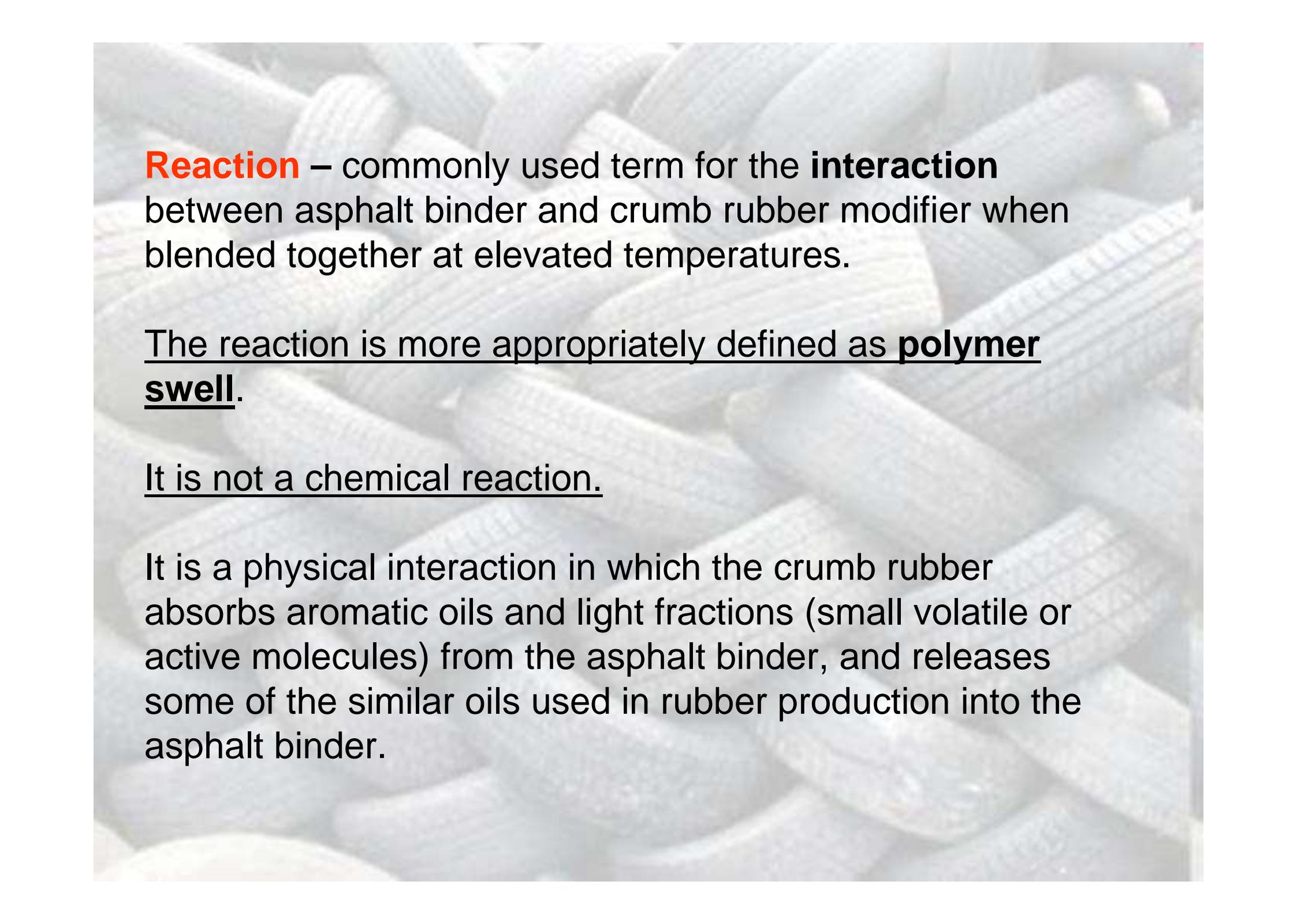
Asphalt rubber – According to the ASTM D 8, Vol. 4.03: asphalt rubber is “a blend of asphalt cement, reclaimed tire rubber, and certain additives in which **the rubber component is at least 15 percent by weight of the total blend** and has **reacted** in the hot asphalt cement sufficiently to cause **swelling** of the rubber particles”.

Various petroleum distillates or extender oil may be added to reduce viscosity, facilitate spray applications, and promote workability.



Crumb rubber modifier (CRM) – general term for scrap tire rubber that is reduced in size for use as modifier in asphalt paving materials.

The asphalt rubber is produced at **elevated temperatures**, under **high agitation** to promote the **physical interaction** of the asphalt binder and rubber constituents, and to keep the rubber particles suspended in the blend.

The background of the slide is a close-up photograph of numerous small, irregular, light-colored granules of crumb rubber. These granules are piled together, creating a textured, three-dimensional appearance. The lighting is soft, highlighting the individual pieces and their rough surfaces.

Reaction – commonly used term for the **interaction** between asphalt binder and crumb rubber modifier when blended together at elevated temperatures.

The reaction is more appropriately defined as **polymer swell**.

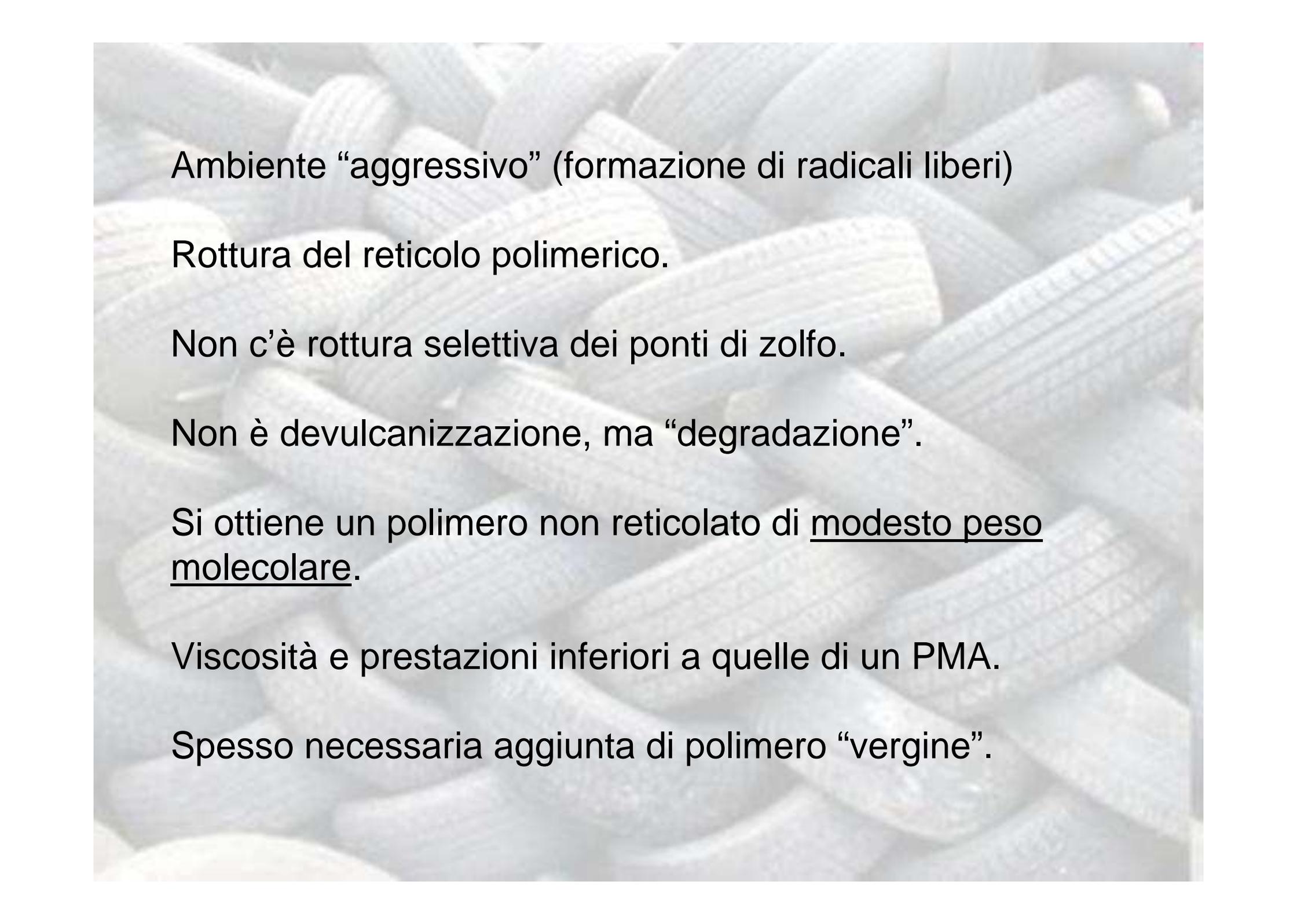
It is not a chemical reaction.

It is a physical interaction in which the crumb rubber absorbs aromatic oils and light fractions (small volatile or active molecules) from the asphalt binder, and releases some of the similar oils used in rubber production into the asphalt binder.

Terminal Blend

The Terminal Blend binder is a rubberized asphalt binder that utilizes a fine mesh of crumb rubber blended with asphalt binder and the component materials are heated over an extended period of time.

This results in **dissolving** of the rubber particles.



Ambiente “aggressivo” (formazione di radicali liberi)

Rottura del reticolo polimerico.

Non c'è rottura selettiva dei ponti di zolfo.

Non è devulcanizzazione, ma “degradazione”.

Si ottiene un polimero non reticolato di modesto peso molecolare.

Viscosità e prestazioni inferiori a quelle di un PMA.

Spesso necessaria aggiunta di polimero “vergine”.



Asphalt-Rubber Binder



Terminal Blend Binder

PRODUCTION OF ASPHALT RUBBER BINDERS

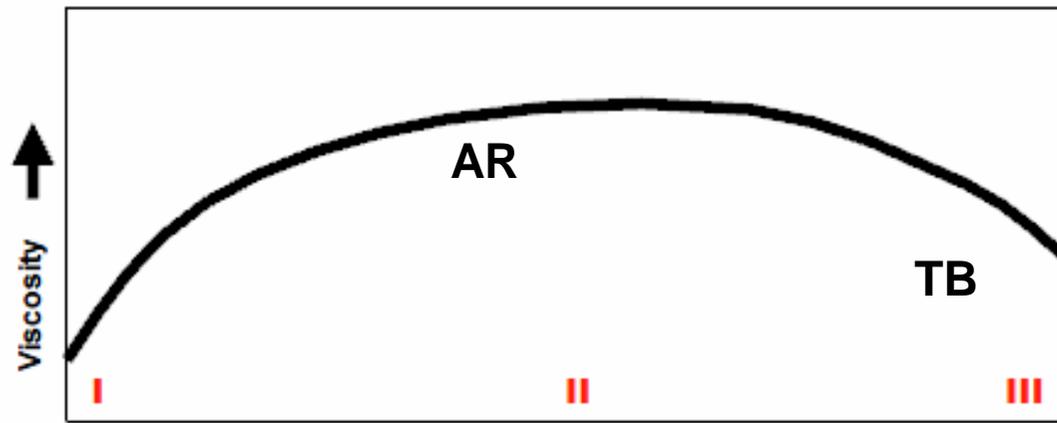
Equipment for feeding and blending may differ among asphalt rubber types and manufacturers, but the processes are all similar.

The asphalt rubber binder production process depends on temperature, agitation, and time.

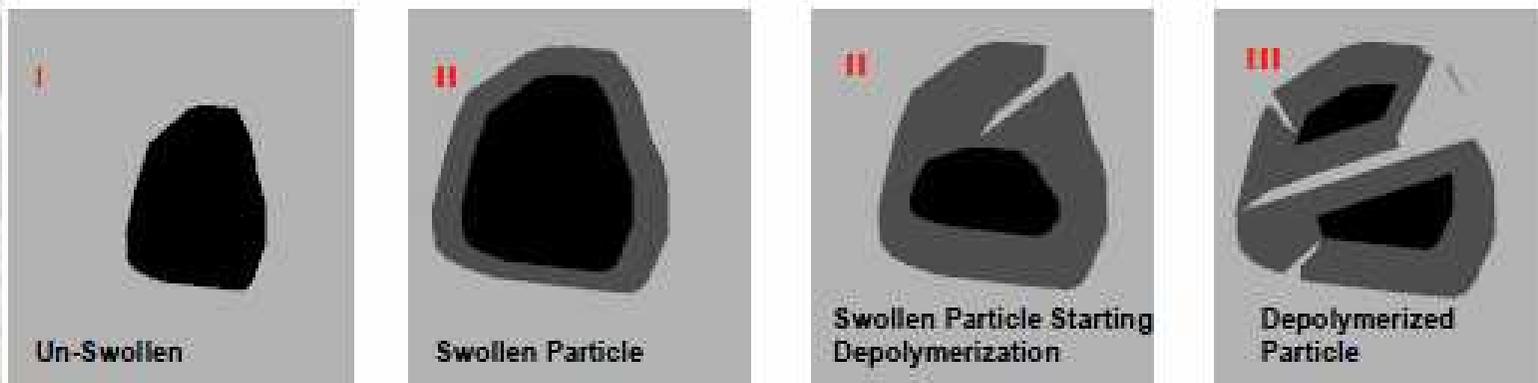
Temperature is critical for process control.

The Three Most Important Things In AR Production

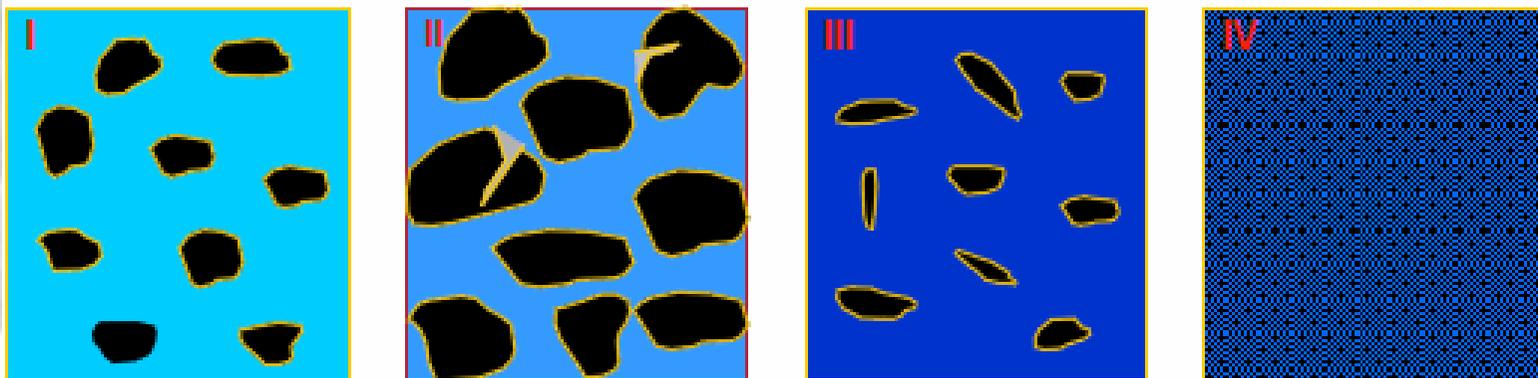
- Temperature (produzione)
- Temperature (trasporto)
- Temperature (stesa)

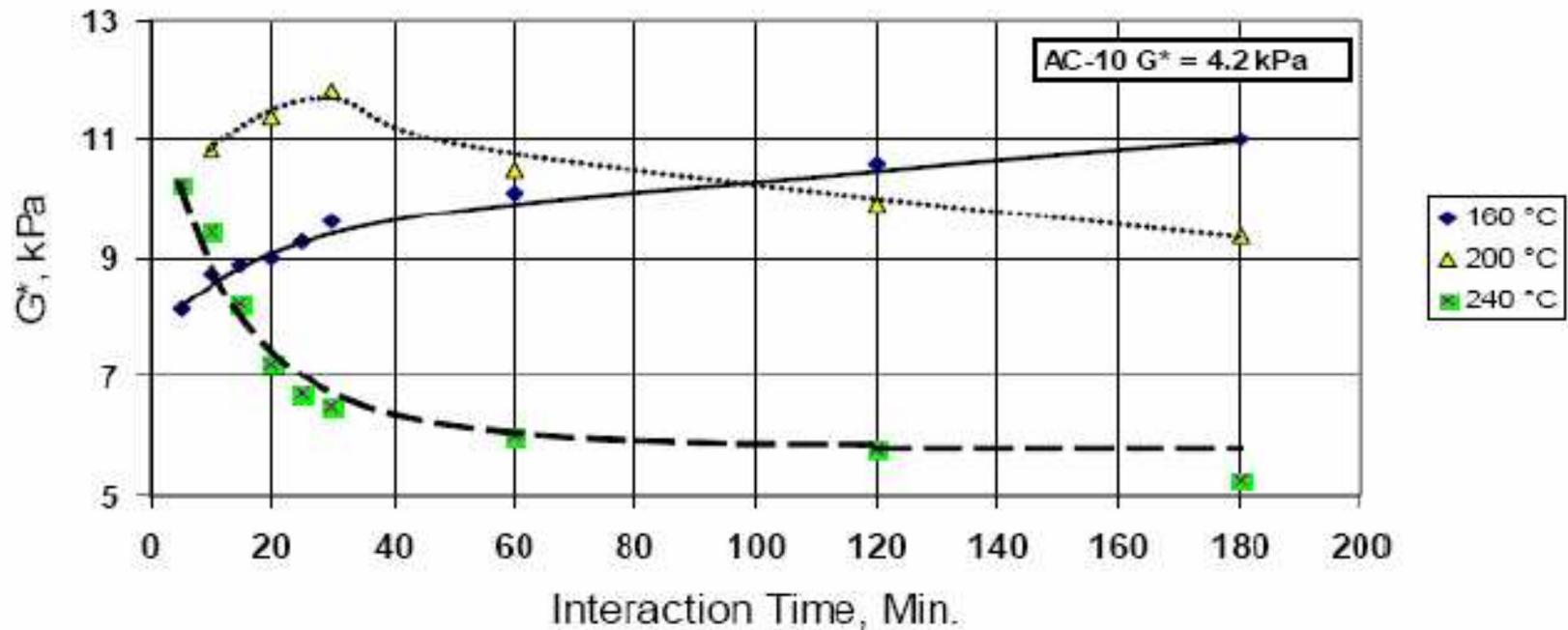


particle



matrix

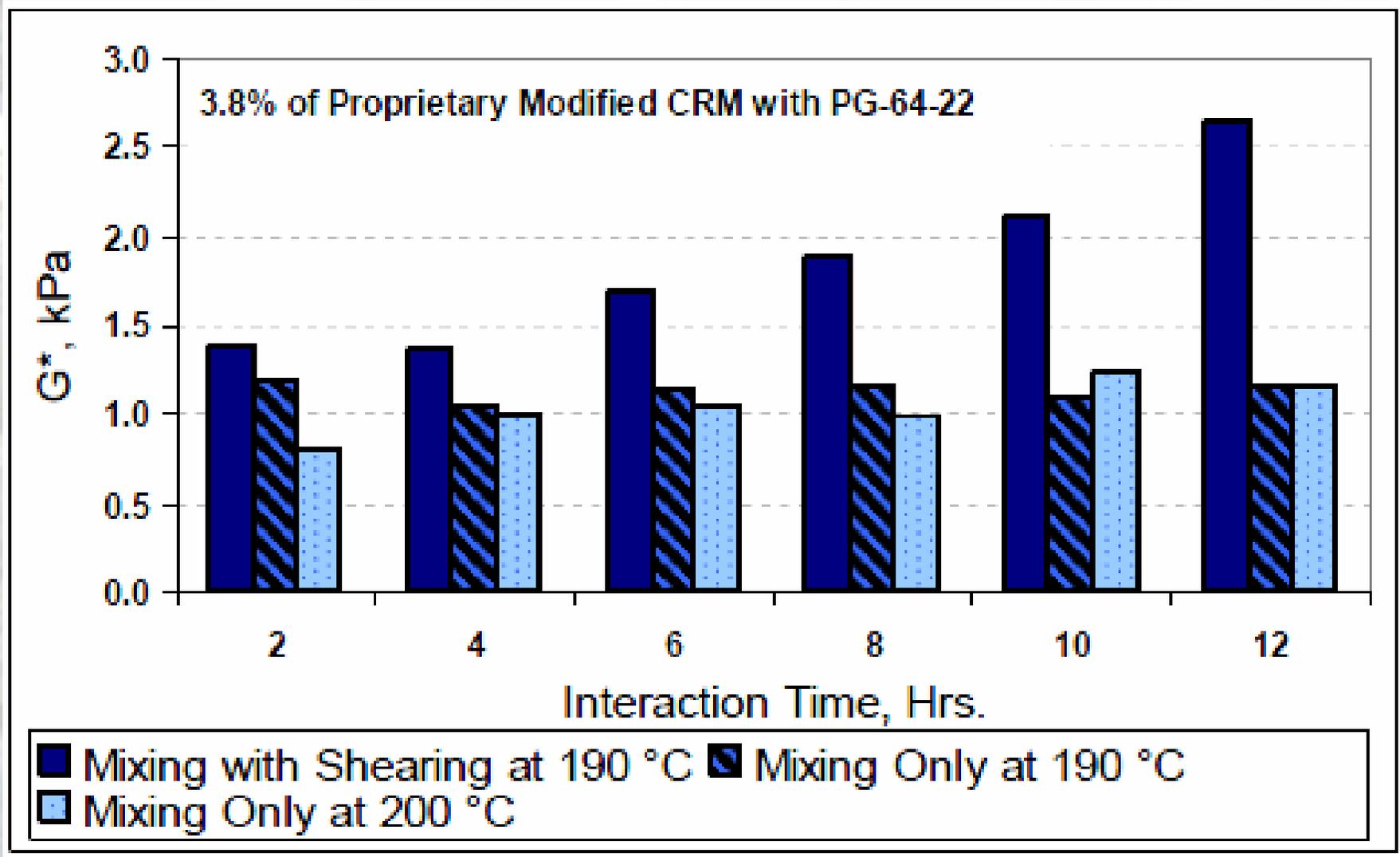


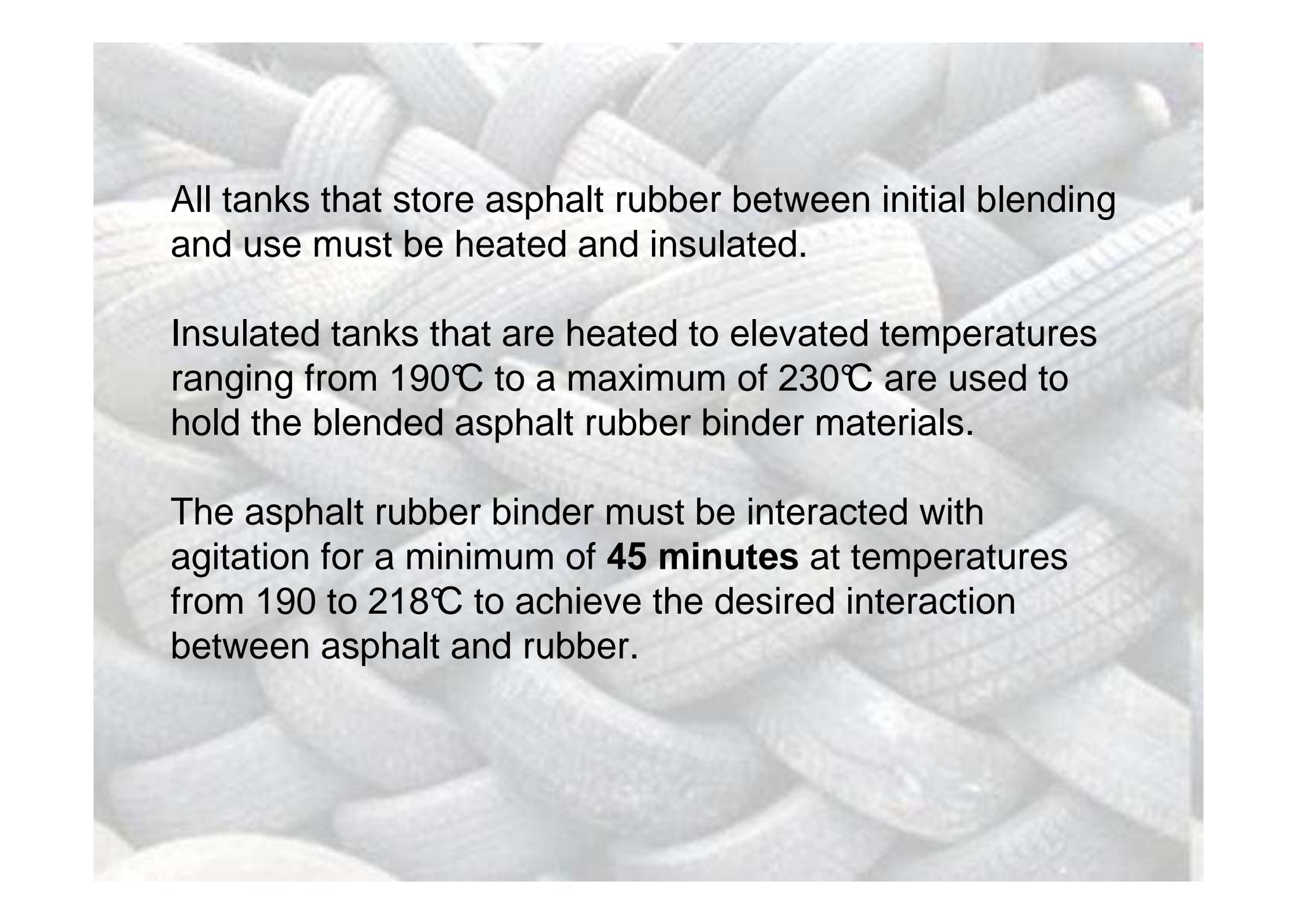


At 160°C - Continuous swelling over the entire time period

At 200°C - Swelling + degradation

At 240°C - High degree of degradation

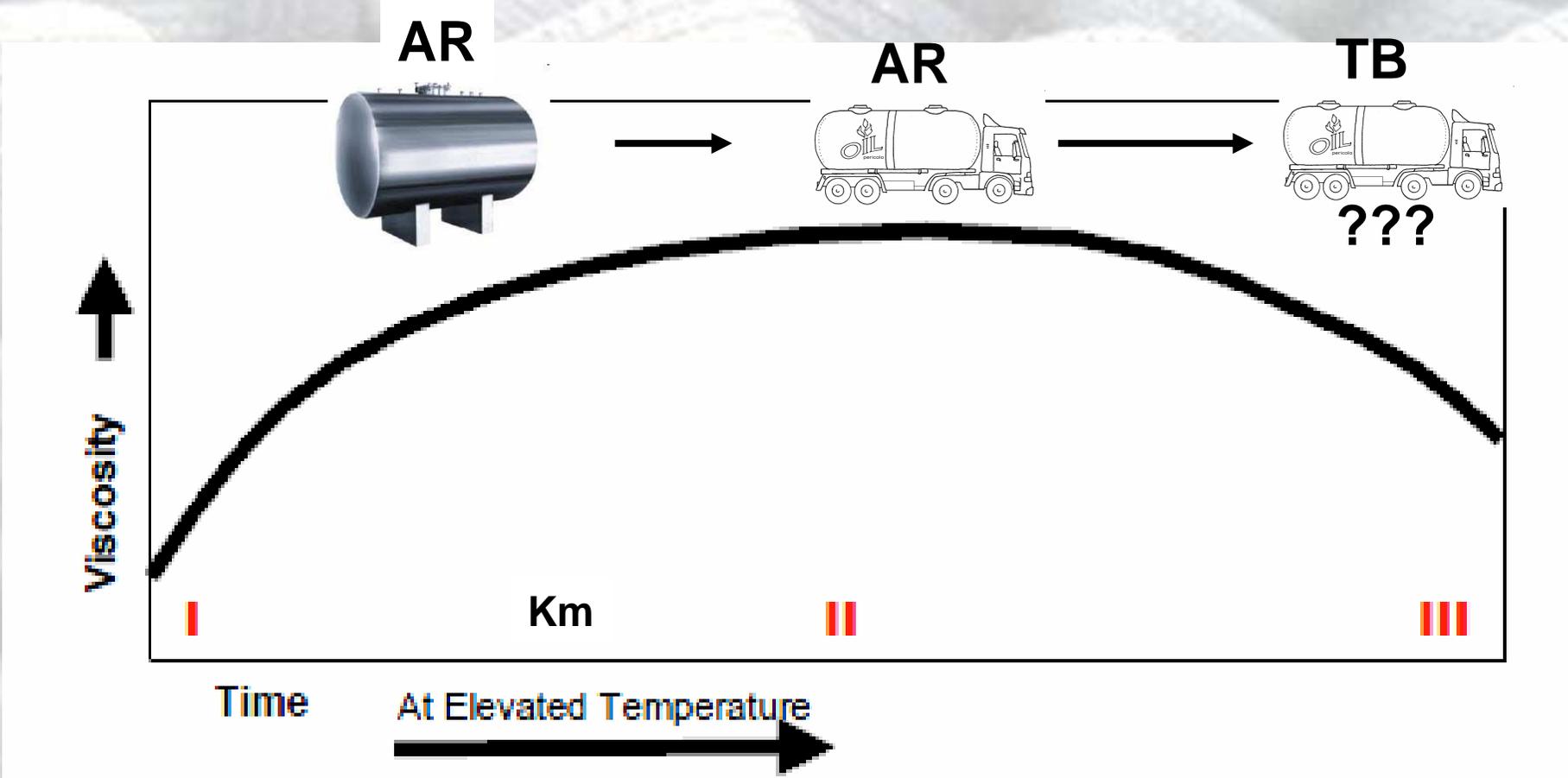




All tanks that store asphalt rubber between initial blending and use must be heated and insulated.

Insulated tanks that are heated to elevated temperatures ranging from 190°C to a maximum of 230°C are used to hold the blended asphalt rubber binder materials.

The asphalt rubber binder must be interacted with agitation for a minimum of **45 minutes** at temperatures from 190 to 218°C to achieve the desired interaction between asphalt and rubber.





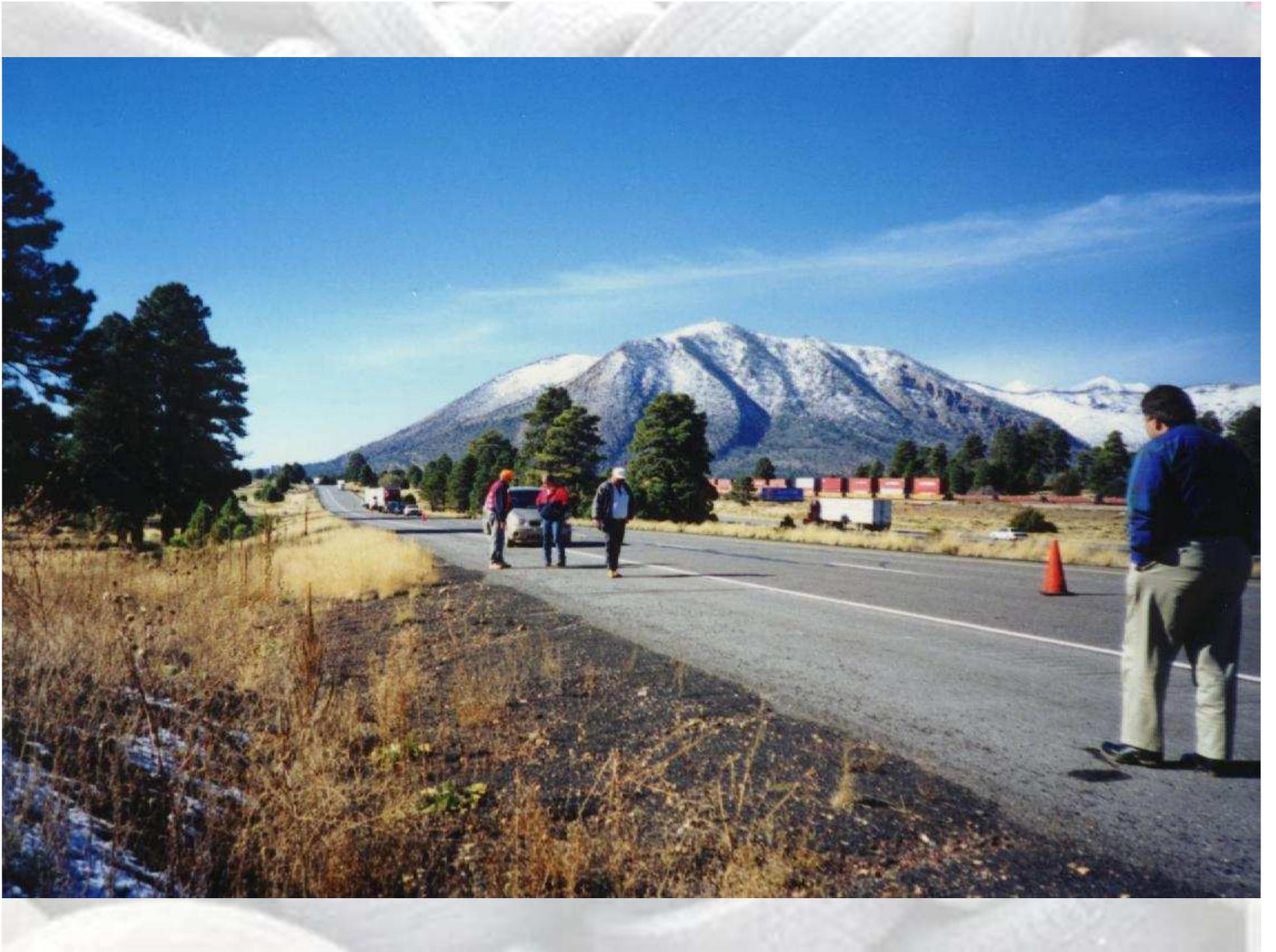
WHERE SHOULD ASPHALT RUBBER PRODUCTS BE USED?

Because asphalt rubber is stiffer than asphalt cement, higher placement and compaction temperatures are usually required.

Because RAC-G is placed in **thin layers**, ambient temperature, pavement surface temperature and wind have considerable impacts on temperature during compaction.

Asphalt rubber products should thus be used only where and when weather conditions are favorable for placement.

This does not prevent their use at high elevations, but means that paving in such locations should be performed only in good weather, dry conditions, and not in early spring or late fall.







WHERE SHOULD ASPHALT RUBBER PRODUCTS NOT BE USED?

Problems that have been documented typically have been construction issues related to cold temperature paving or late season construction.

Asphalt rubber paving materials should not be placed in the following conditions:

- During rainy weather.
- During cold weather with ambient or surface temperatures $<13^{\circ}\text{C}$.
- Areas where considerable handwork is required.
- Where haul distances between AC plant and job site are too long to maintain mixture temperature as required for placement and compaction.

BENEFITS OF ASPHALT RUBBER

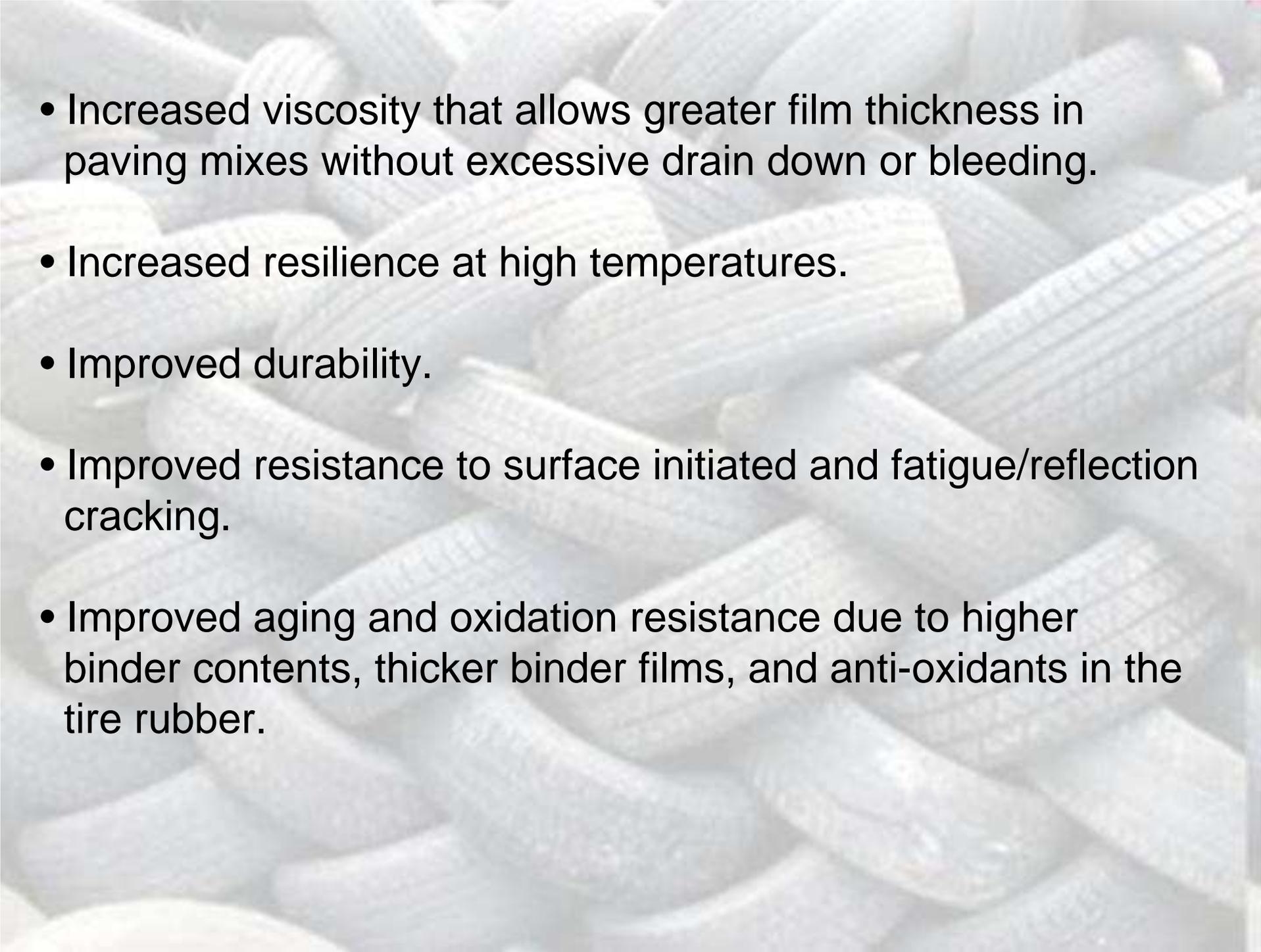
The primary reason for using asphalt rubber is that it provides significantly improved engineering properties over conventional paving grade asphalt.

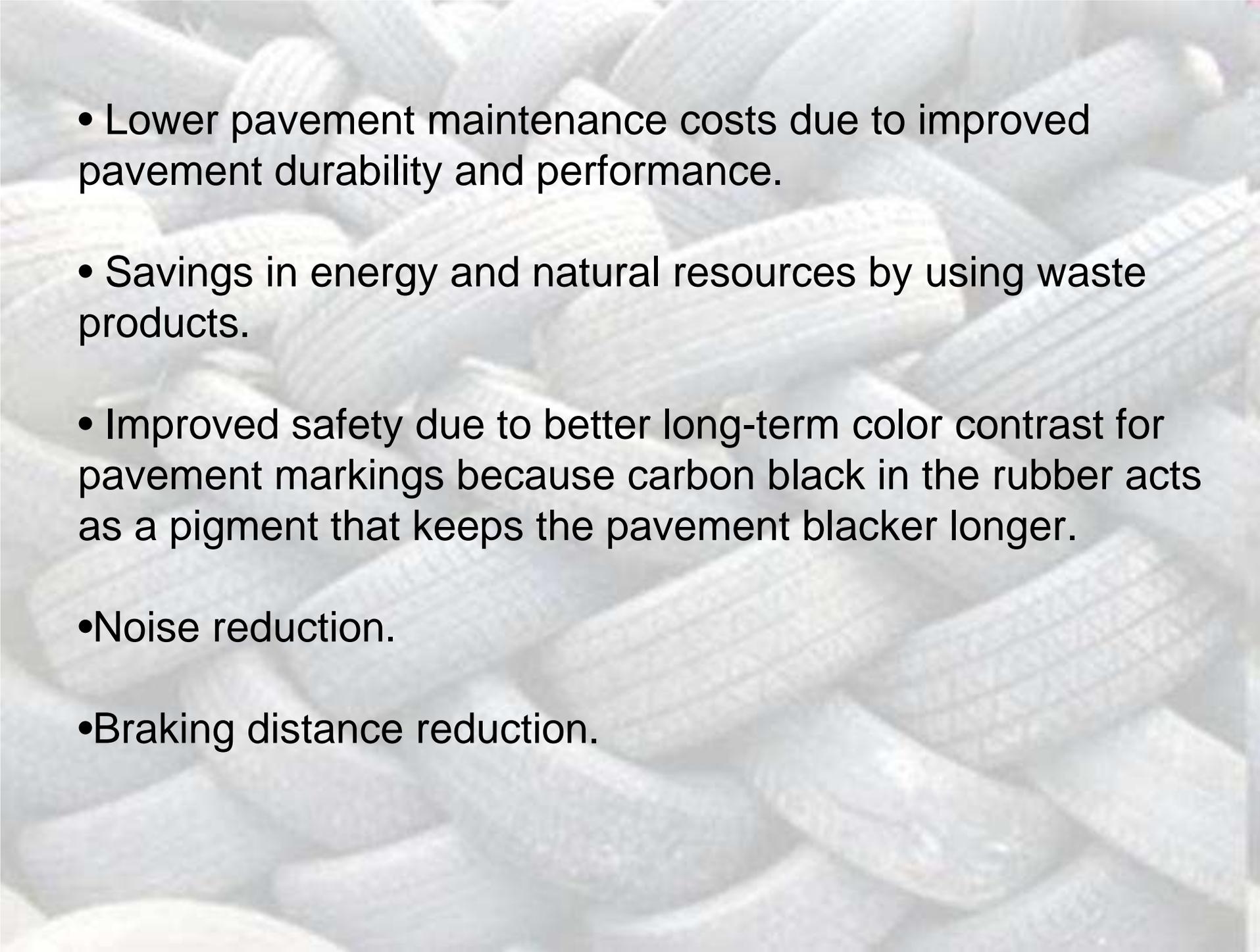
At intermediate and high temperatures, AR physical properties are significantly different than those of neat paving grade asphalts.

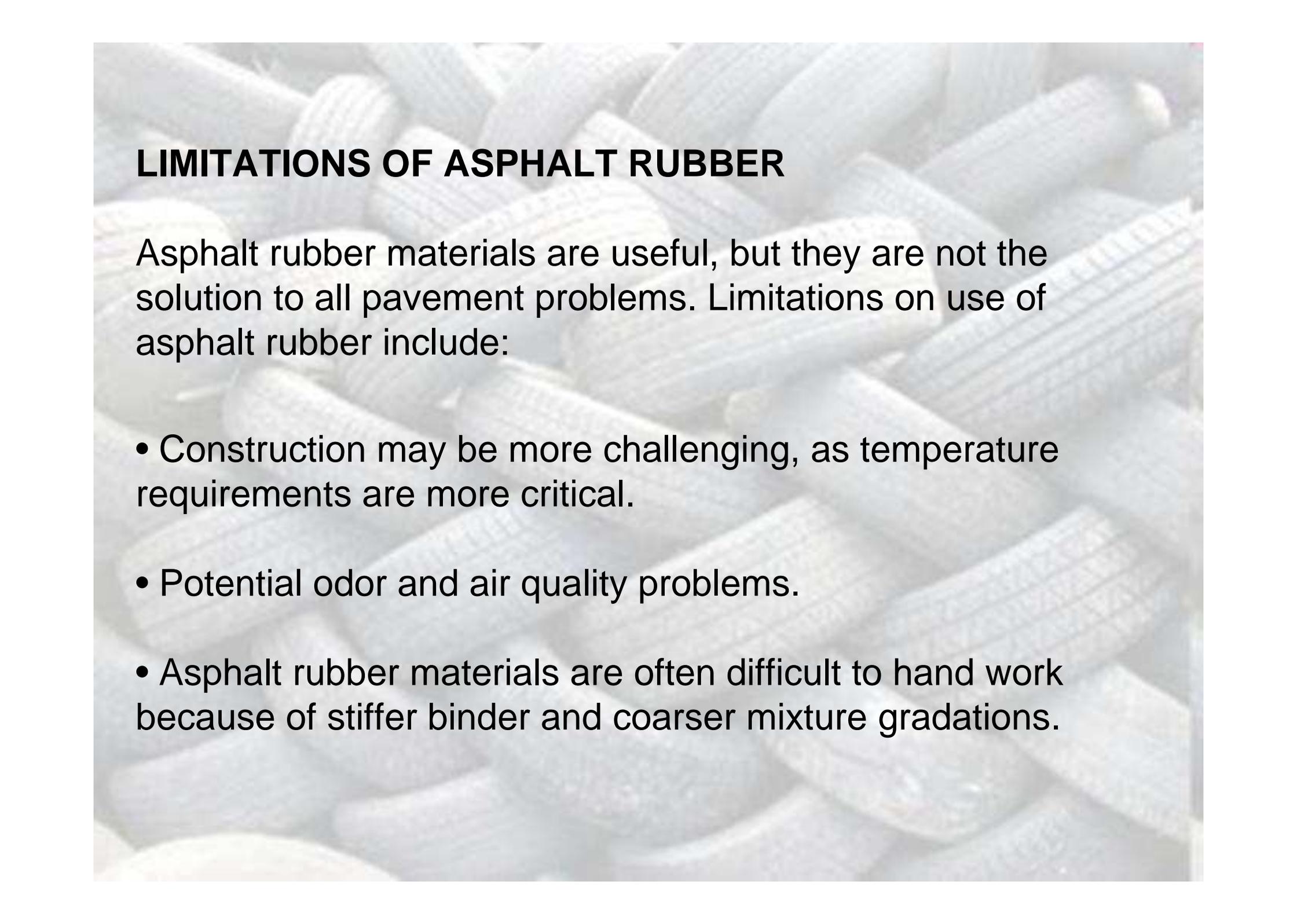
The rubber stiffens the binder and increases elasticity.

Decreases pavement temperature susceptibility.

Improves resistance to permanent deformation (rutting) and fatigue with little effect on cold temperature properties.

- 
- Increased viscosity that allows greater film thickness in paving mixes without excessive drain down or bleeding.
 - Increased resilience at high temperatures.
 - Improved durability.
 - Improved resistance to surface initiated and fatigue/reflection cracking.
 - Improved aging and oxidation resistance due to higher binder contents, thicker binder films, and anti-oxidants in the tire rubber.

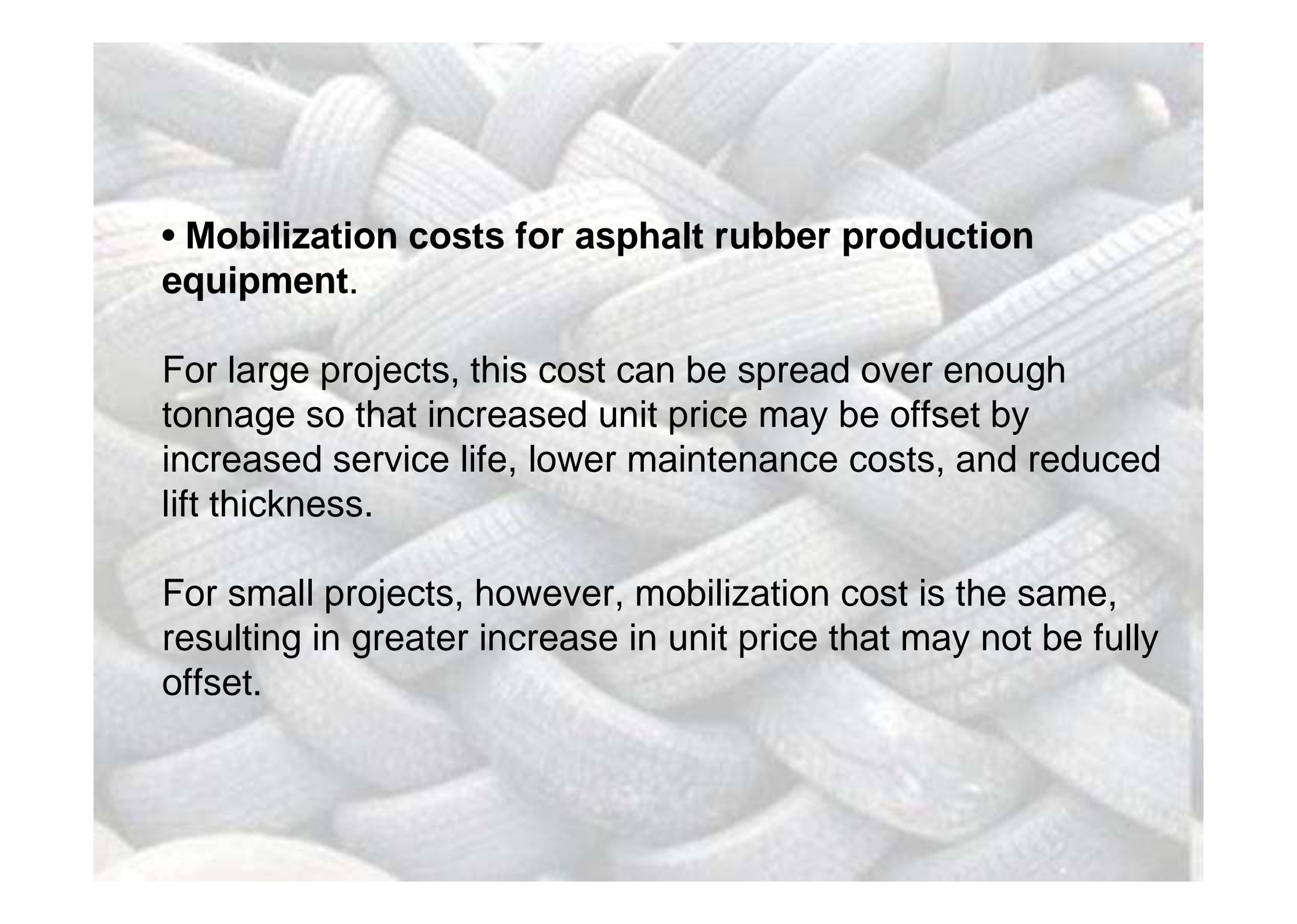
- 
- Lower pavement maintenance costs due to improved pavement durability and performance.
 - Savings in energy and natural resources by using waste products.
 - Improved safety due to better long-term color contrast for pavement markings because carbon black in the rubber acts as a pigment that keeps the pavement blacker longer.
 - Noise reduction.
 - Braking distance reduction.



LIMITATIONS OF ASPHALT RUBBER

Asphalt rubber materials are useful, but they are not the solution to all pavement problems. Limitations on use of asphalt rubber include:

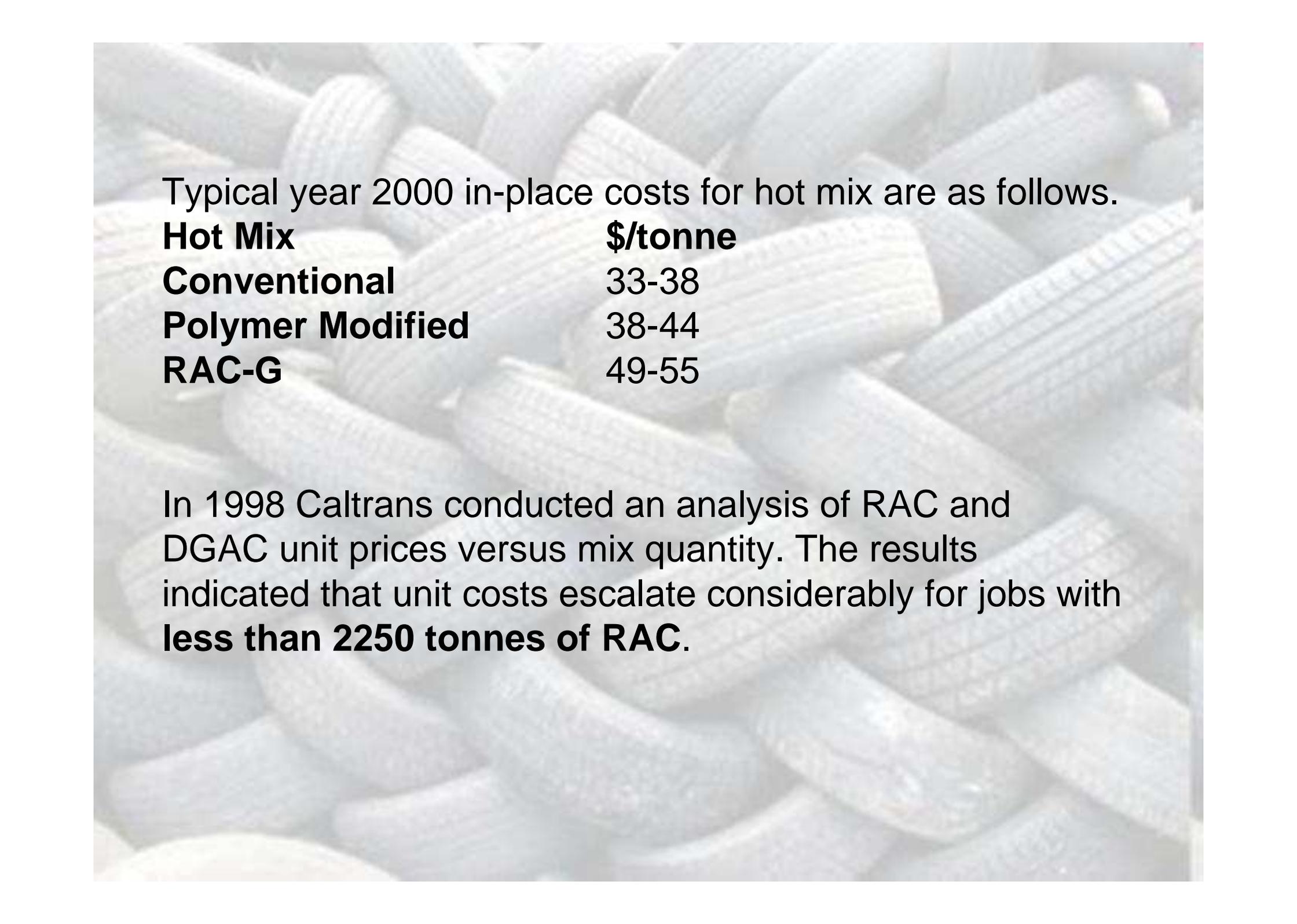
- Construction may be more challenging, as temperature requirements are more critical.
- Potential odor and air quality problems.
- Asphalt rubber materials are often difficult to hand work because of stiffer binder and coarser mixture gradations.



- **Mobilization costs for asphalt rubber production equipment.**

For large projects, this cost can be spread over enough tonnage so that increased unit price may be offset by increased service life, lower maintenance costs, and reduced lift thickness.

For small projects, however, mobilization cost is the same, resulting in greater increase in unit price that may not be fully offset.

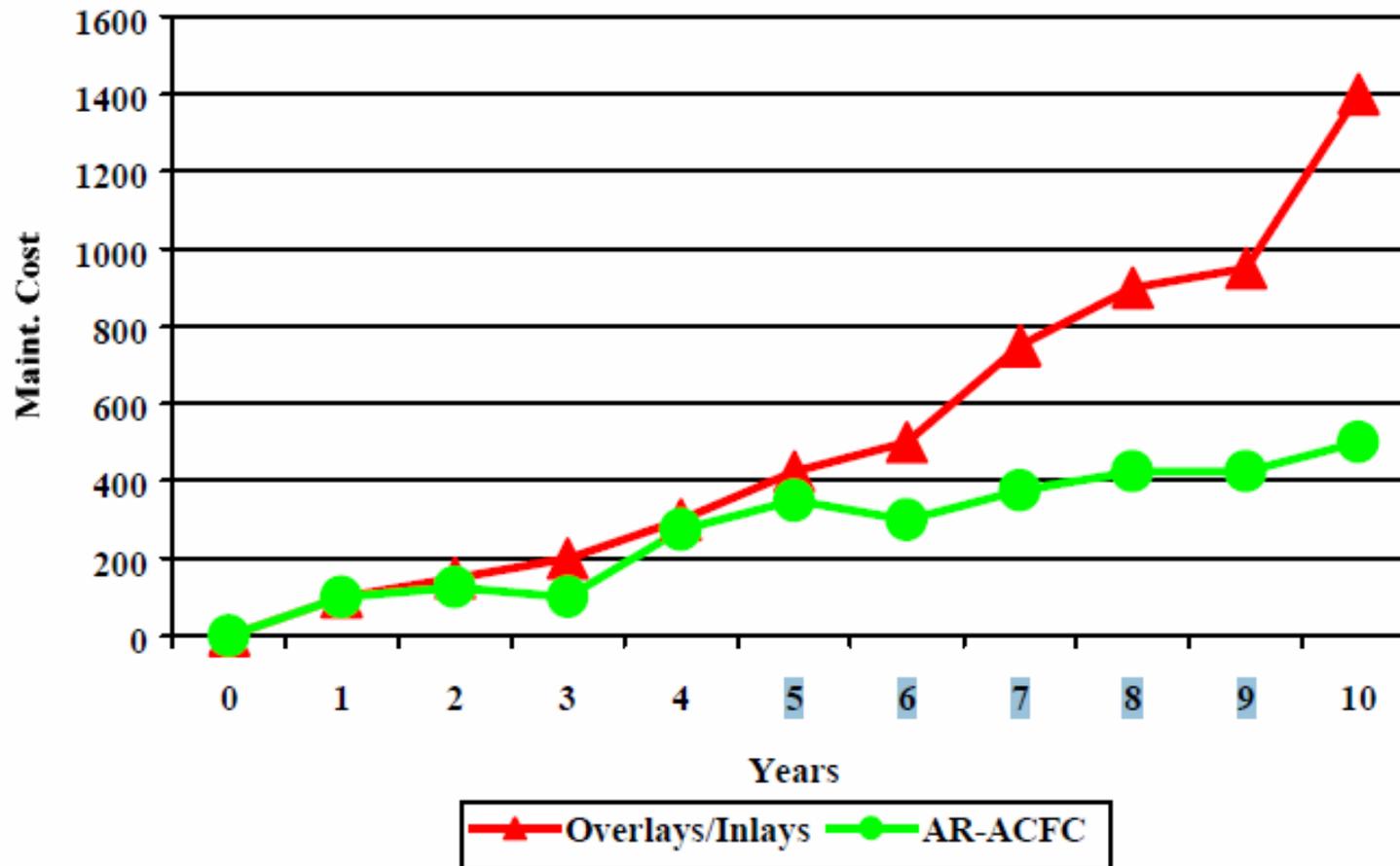


Typical year 2000 in-place costs for hot mix are as follows.

Hot Mix	\$/tonne
Conventional	33-38
Polymer Modified	38-44
RAC-G	49-55

In 1998 Caltrans conducted an analysis of RAC and DGAC unit prices versus mix quantity. The results indicated that unit costs escalate considerably for jobs with **less than 2250 tonnes of RAC.**

Maintenance Cost \$/lane-mile Arizona DOT Materials Group



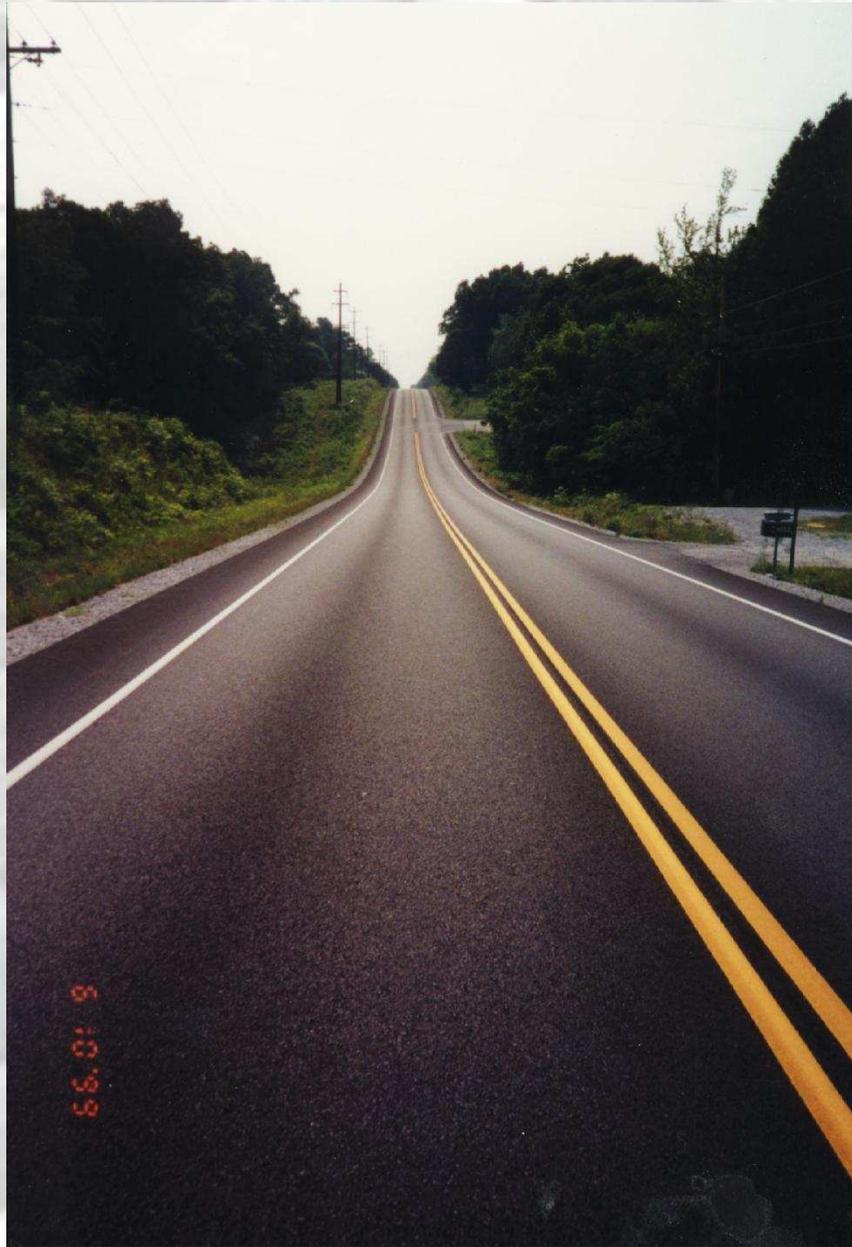
Conventional AC

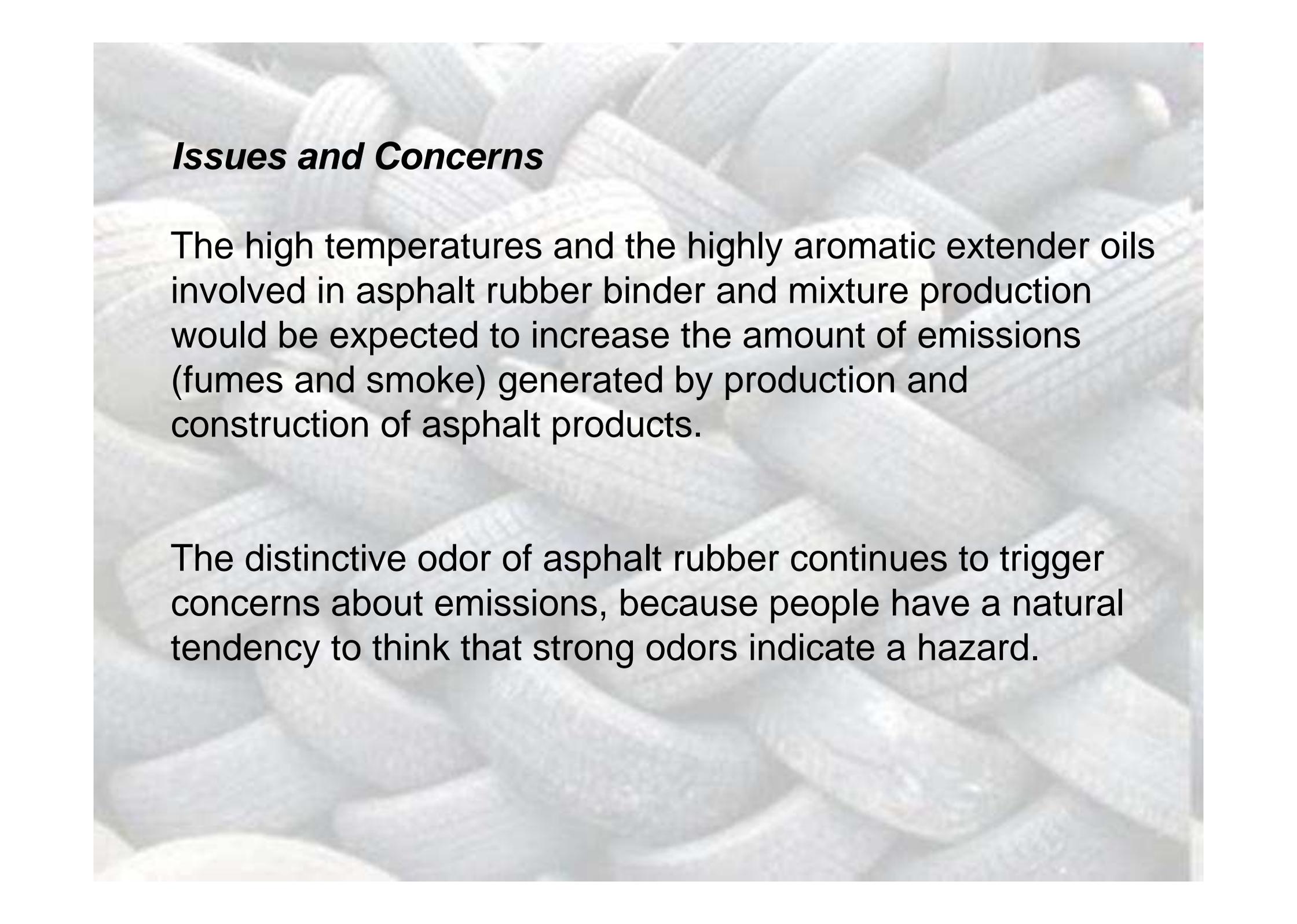
(left), AR (right)

after 8 years service



US 70 Near Nashville, TN at one year and two years



The background of the slide is a close-up, slightly blurred photograph of several large rolls of asphalt rubber binder. The rolls are stacked and their edges are visible, showing a textured, fibrous surface. The lighting is soft, highlighting the texture of the material.

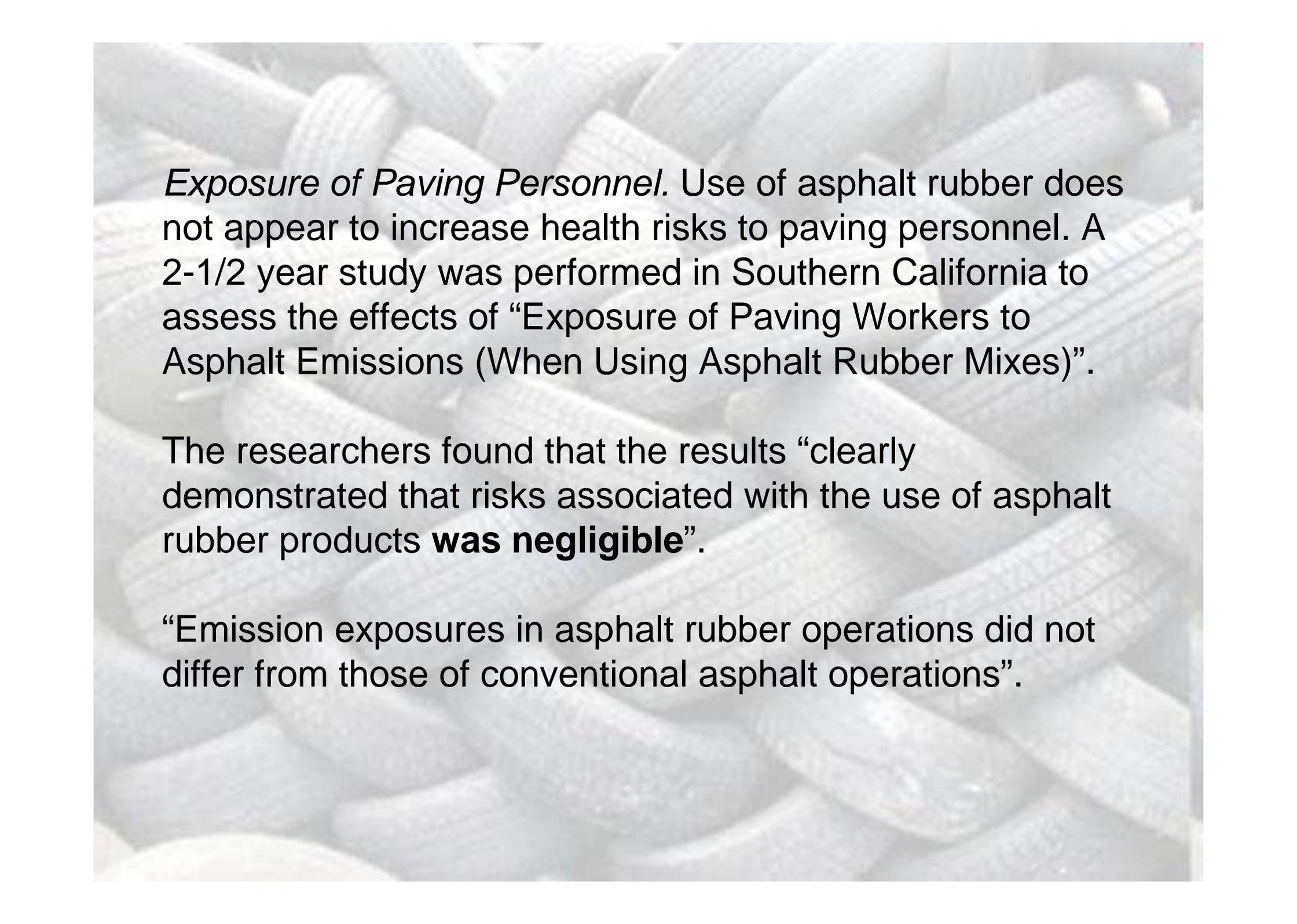
Issues and Concerns

The high temperatures and the highly aromatic extender oils involved in asphalt rubber binder and mixture production would be expected to increase the amount of emissions (fumes and smoke) generated by production and construction of asphalt products.

The distinctive odor of asphalt rubber continues to trigger concerns about emissions, because people have a natural tendency to think that strong odors indicate a hazard.

Hot Plant Tests. Plant “stack tests” were performed during AR hot mix production. The results generally indicate that emissions measured during AR production at AC plants remain about the same as for conventional hot mix and that amounts of any hazardous components and particulates remain below mandated limits.

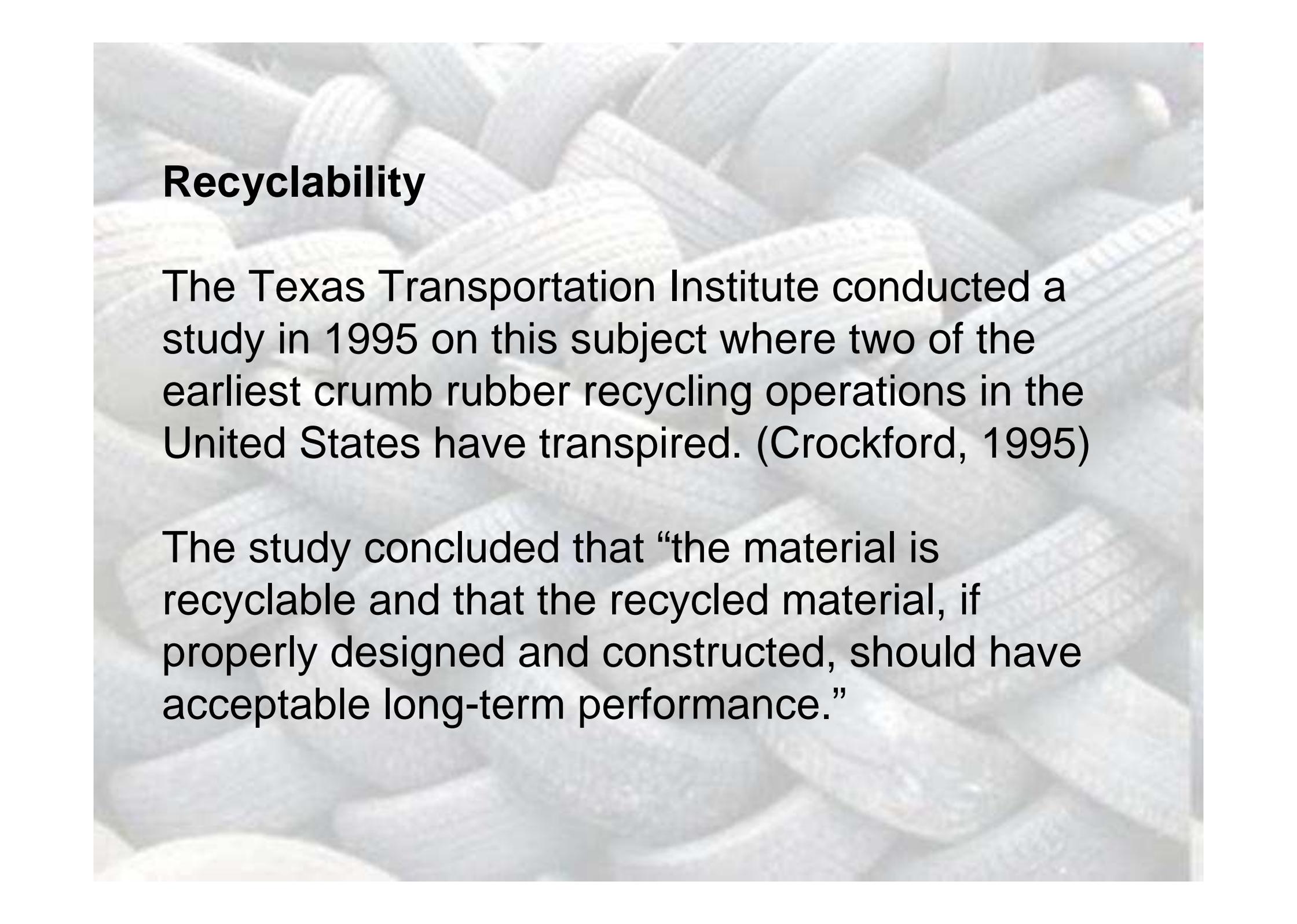
However in some cases of RAC production there has been a significant **rise in particulates** within the vapors that has been tied to use of soft asphalt cements that often include extender oils. Raising AC plant operating temperatures typically increases emissions.

The background of the slide is a grayscale photograph showing the heavy rollers of an asphalt paver. The rollers are arranged in a grid-like pattern, with some in the foreground and others receding into the background, creating a sense of depth. The lighting is soft, highlighting the texture of the rollers.

Exposure of Paving Personnel. Use of asphalt rubber does not appear to increase health risks to paving personnel. A 2-1/2 year study was performed in Southern California to assess the effects of “Exposure of Paving Workers to Asphalt Emissions (When Using Asphalt Rubber Mixes)”.

The researchers found that the results “clearly demonstrated that risks associated with the use of asphalt rubber products **was negligible**”.

“Emission exposures in asphalt rubber operations did not differ from those of conventional asphalt operations”.



Recyclability

The Texas Transportation Institute conducted a study in 1995 on this subject where two of the earliest crumb rubber recycling operations in the United States have transpired. (Crockford, 1995)

The study concluded that “the material is recyclable and that the recycled material, if properly designed and constructed, should have acceptable long-term performance.”

Grazie per l'attenzione

