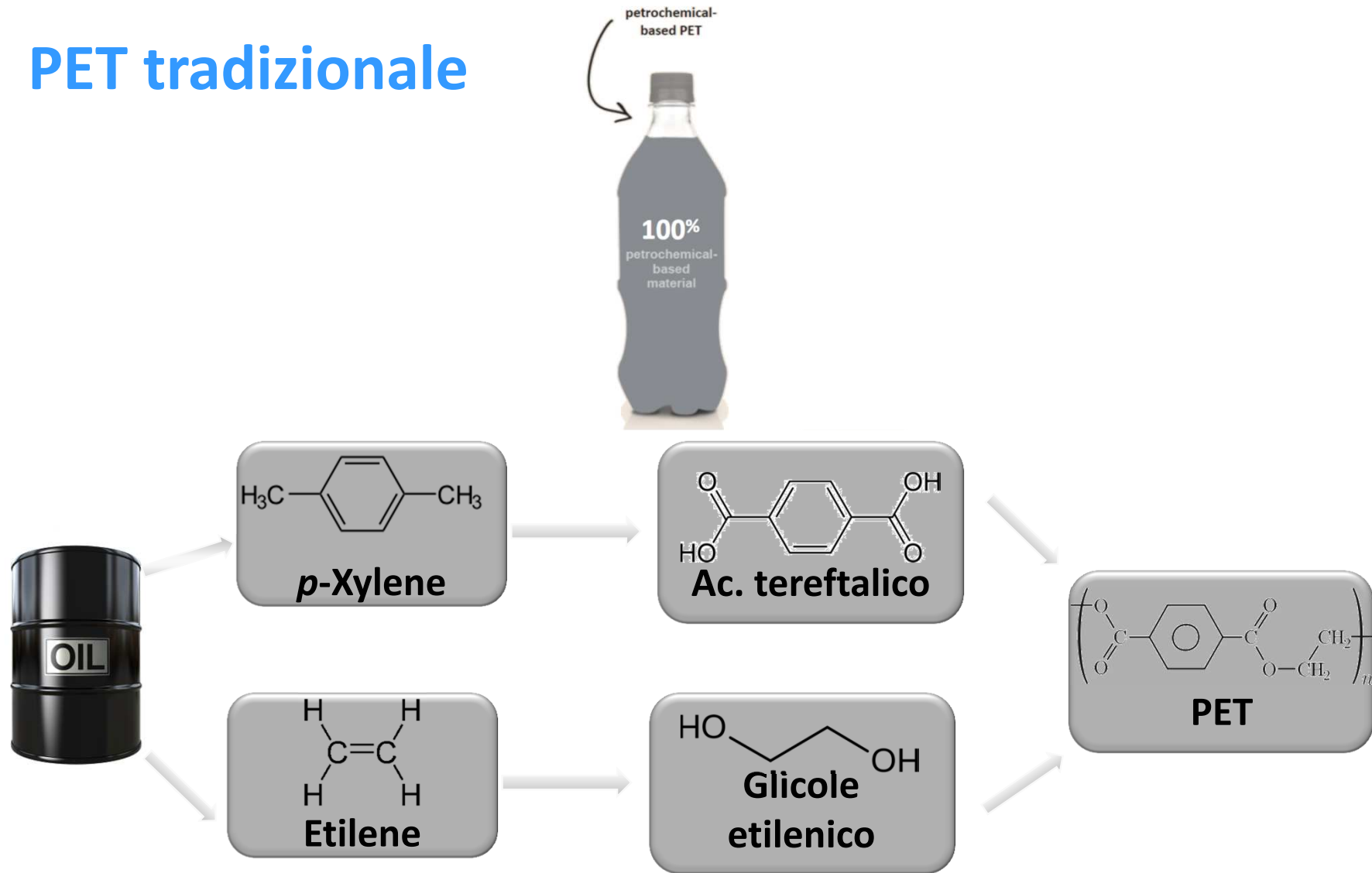
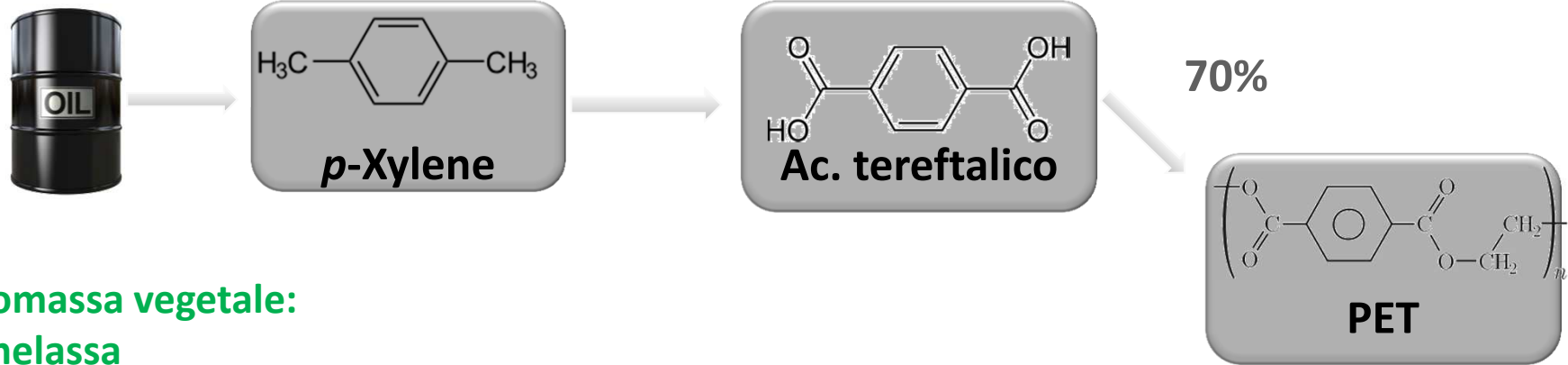
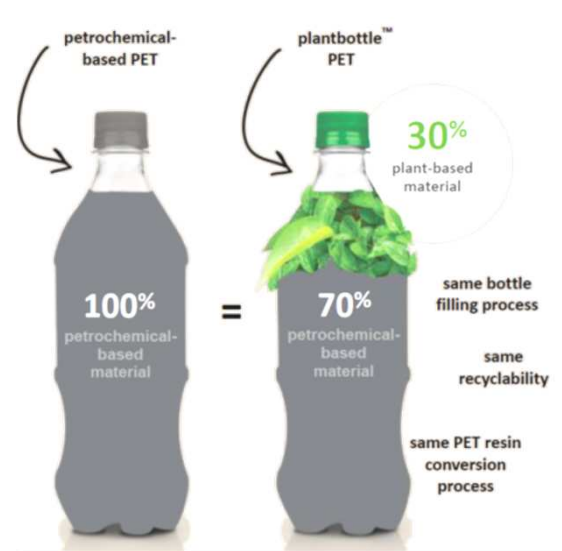




# PET tradizionale

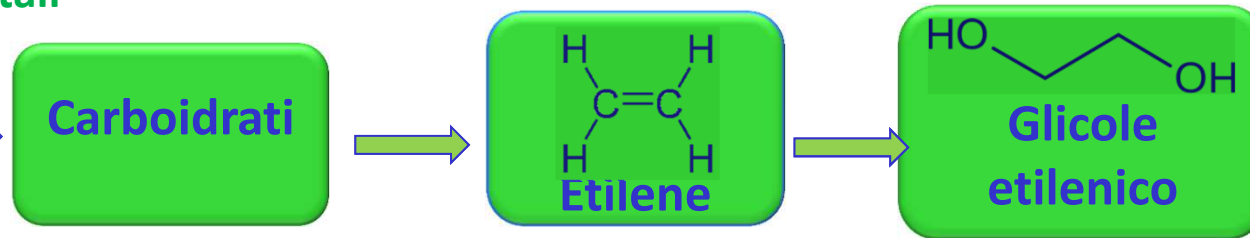


# BIO-PET

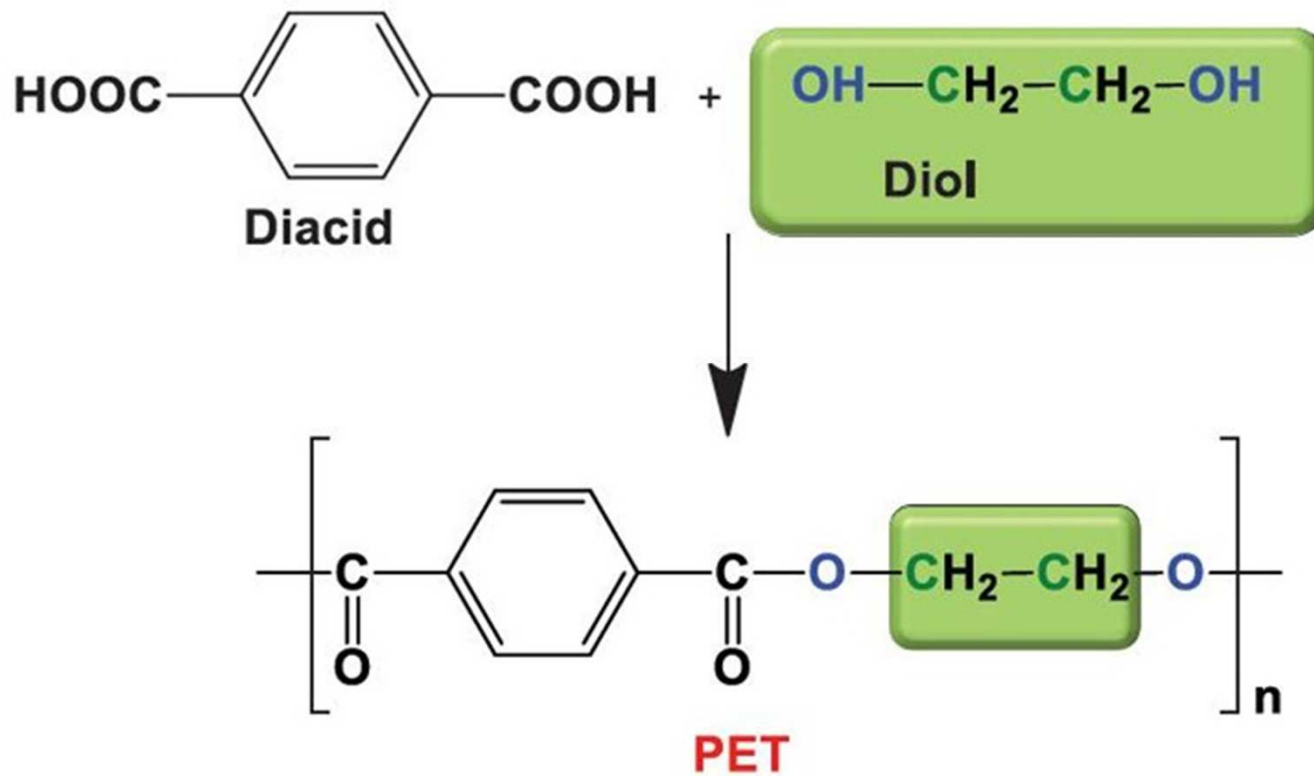


## Biomassa vegetale:

- melassa
- scarti vegetali



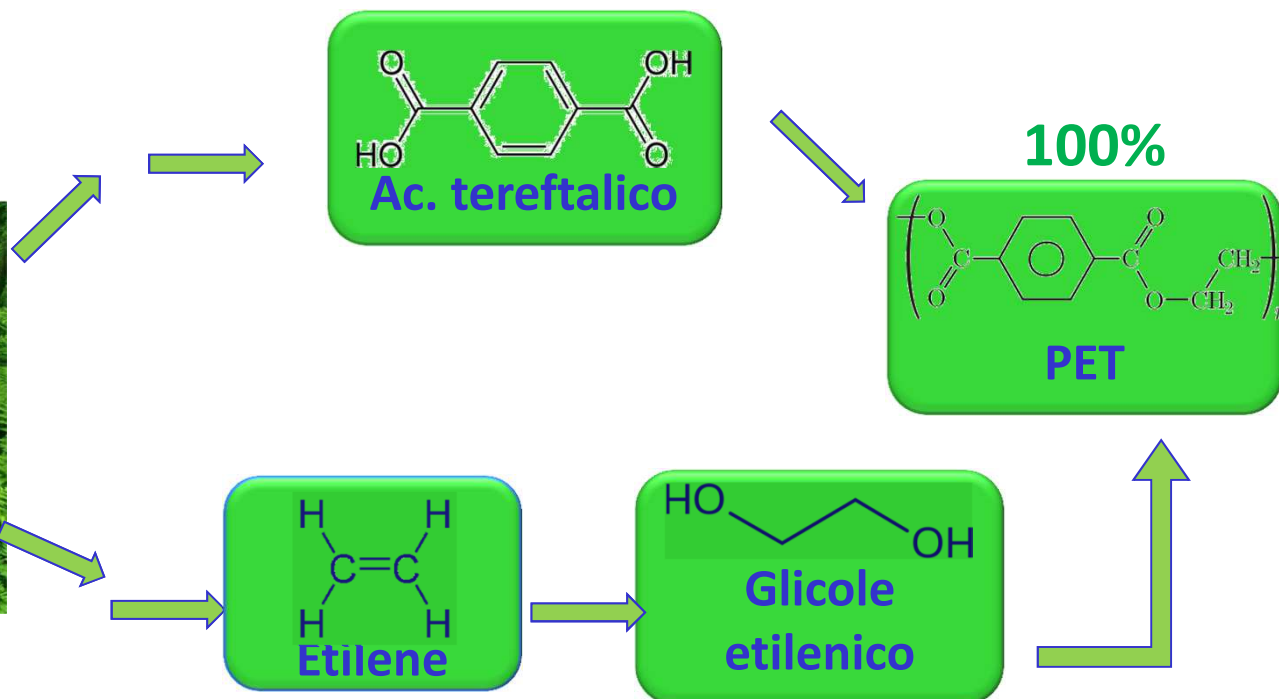
30%



Terephthalic Acid = 8C; Ethylene glycol = 2C; biocontent is 20%

Acid component = 68.75%; glycol component = 31.25% on total mass basis

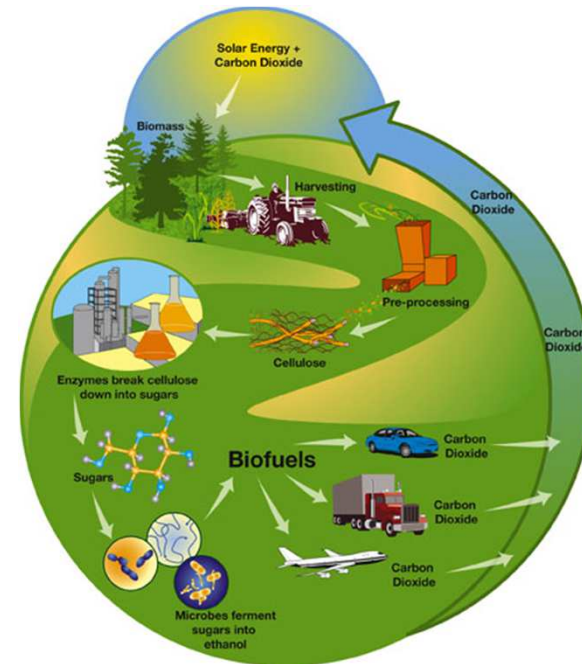
# 100% BIO-PET



# Dalle **Raffinerie** alle **Bioraffinerie**

Sistema integrato che prende in considerazione la catena delle **biomasse** per la produzione di **polimeri**, **prodotti chimici**, **agroindustriali** ed **energia** a partire da biomassa.

Anche gli scarti diventano **materie prime**





## Biomassa di scarto

Materie prime rinnovabili



Processi chimici, fisici e biologici

Idrolisi

Fermentazioni

Estrazioni

Ossidazioni/  
Riduzioni

Transesterificazioni

Bioprodotti



## Petrolio grezzo

Materie prime non rinnovabili



Processi chimici e fisici

Distillazione

Cracking

Reforming

Funzionalizzazioni

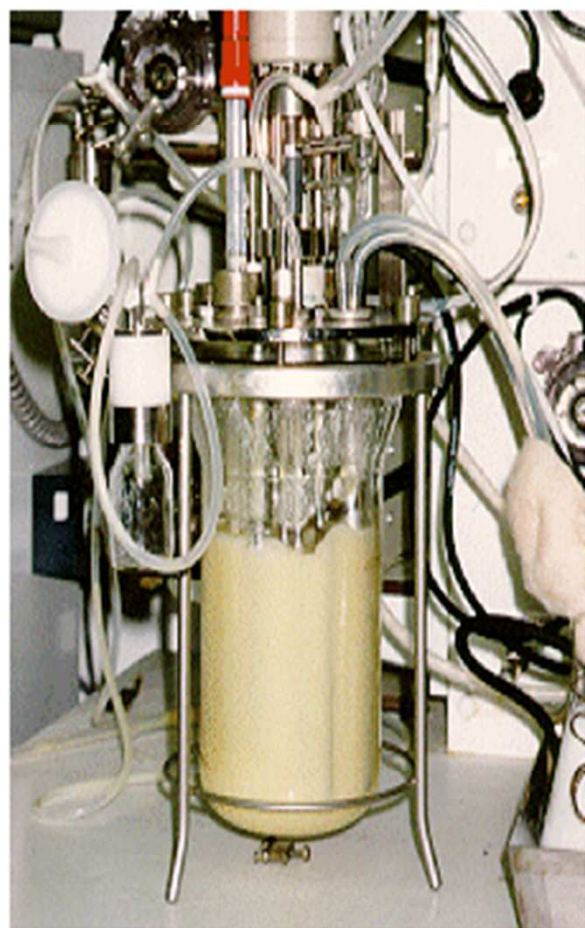
Prodotti







Grano



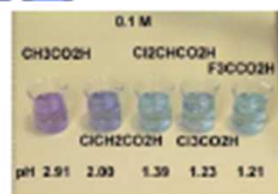
Combustibili



Solventi



Composti  
Chimici



Plastiche



Fibre



Chimica fine



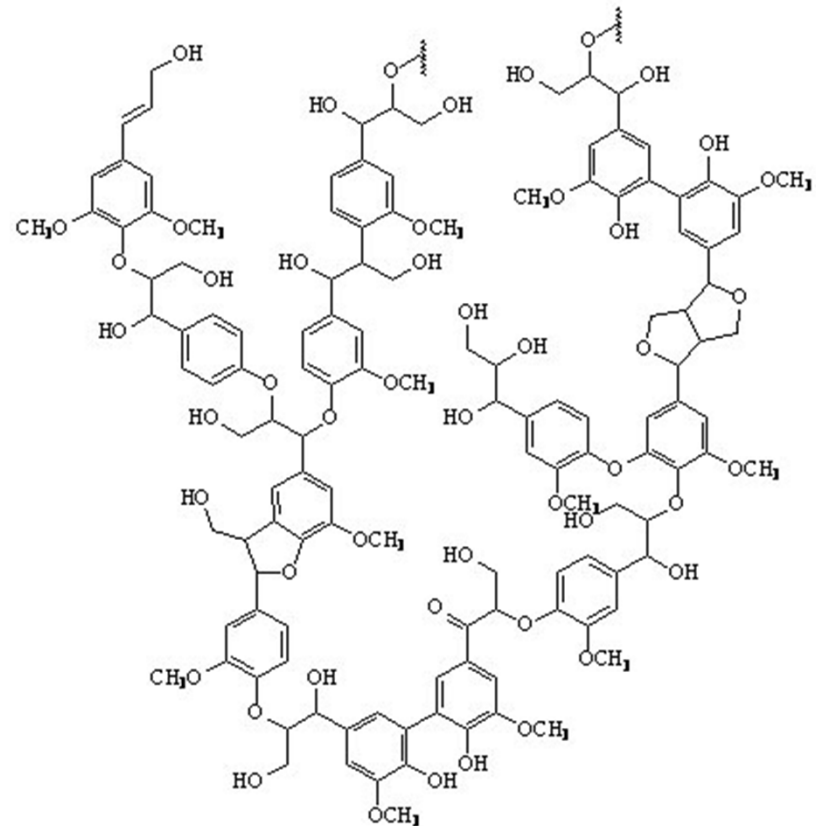
Oli



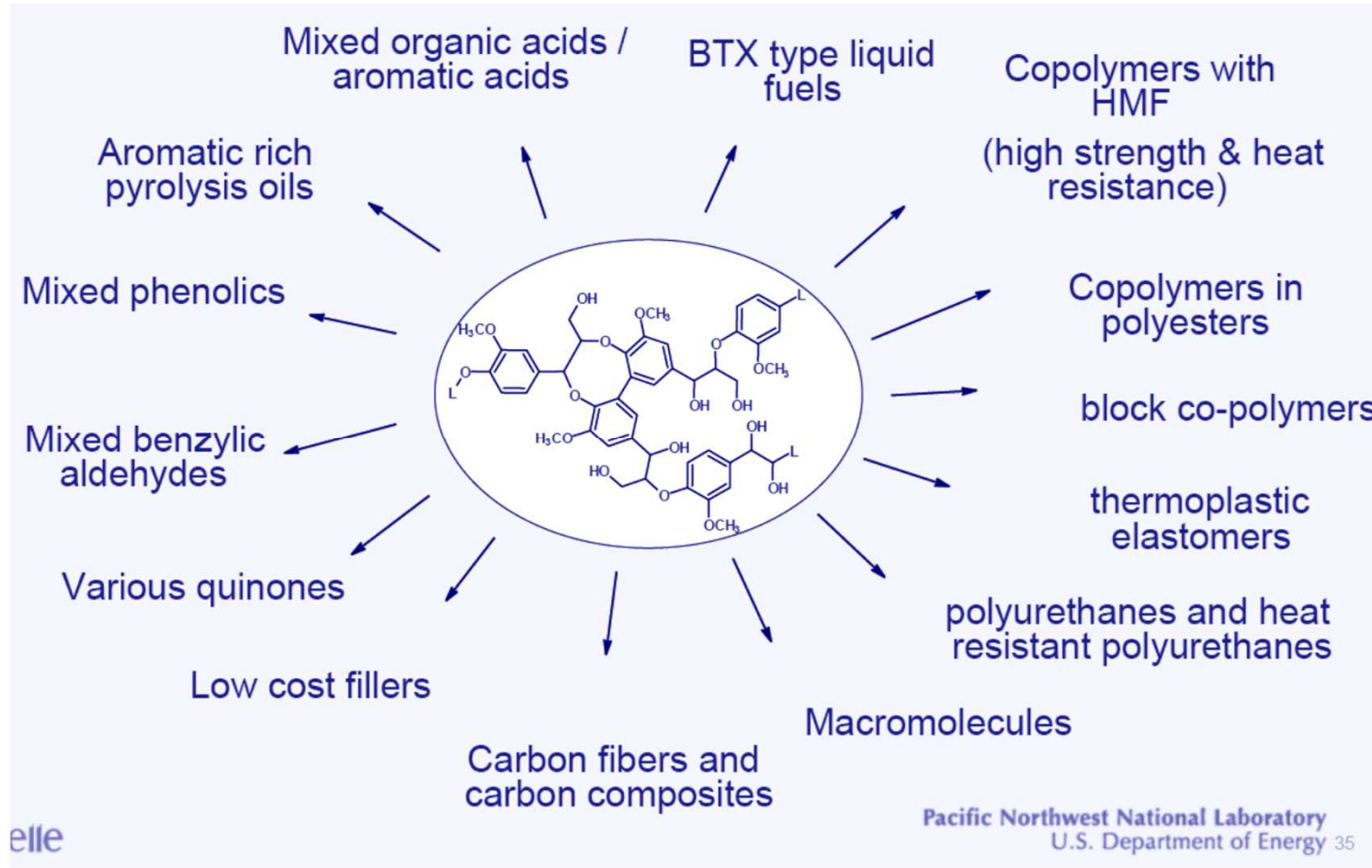
## LIGNINA

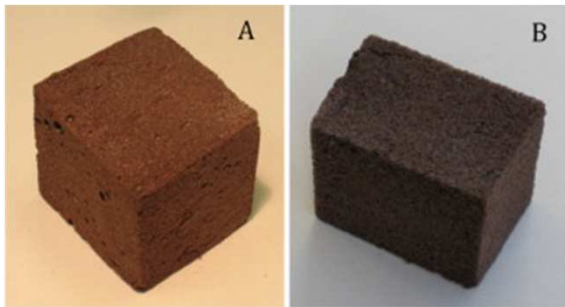
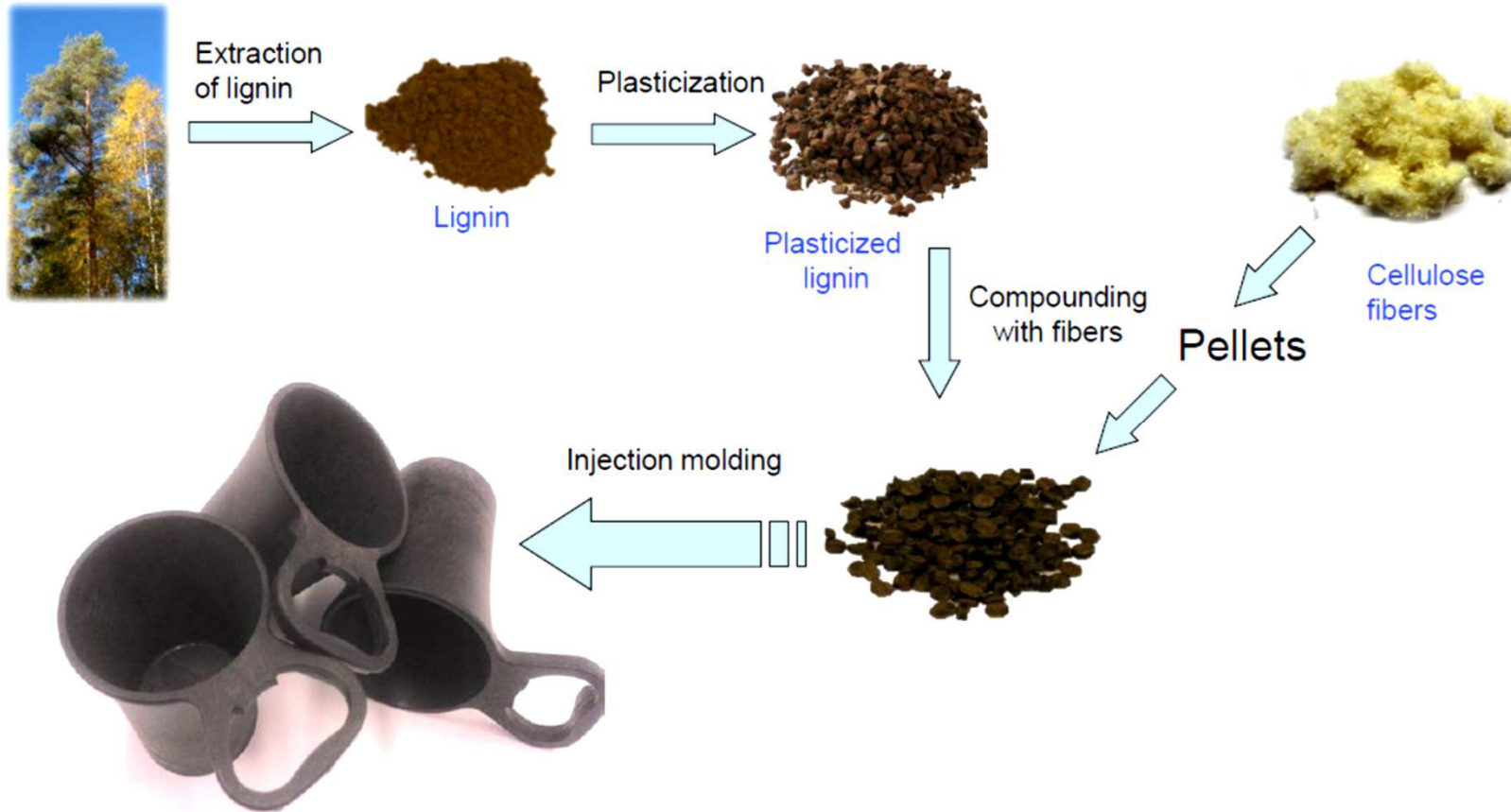
Considering the current production of lignin from pulp and paper industries as well as potential future production from lignocellulosic ethanol industries, it is estimated that around **300 M ton/year of lignin** will be produced in North America. Society of Plastics Engineers (SPE) said “**Lignin is now considered as an inexpensive co-product and it is mainly used as a boiler fuel.** The value of lignin can be better realized as a good source for new outlets such as renewable resource based materials.”

Lignin can be made into **phenol**, **terephthalic acid**, **benzene**, **xylylene**, and **toluene**, important building blocks for aromatic plastics. Other potential uses are in the production of surfactants and UV stabilizers. “However, all these new uses account for only 2% of the generated lignin and the remaining is mostly burnt for energy as low efficient fuel.”



# Possibili prodotti dalla lignina





Schiuma poliuretana da lignina



**Arboform:** polimero termoplastico (ind. automobilistica, elettronica, arredamento, giocattoli, oggettistica)

## Scientists build stronger, greener concrete with lignin

---

By Kansas State University | March 22, 2013

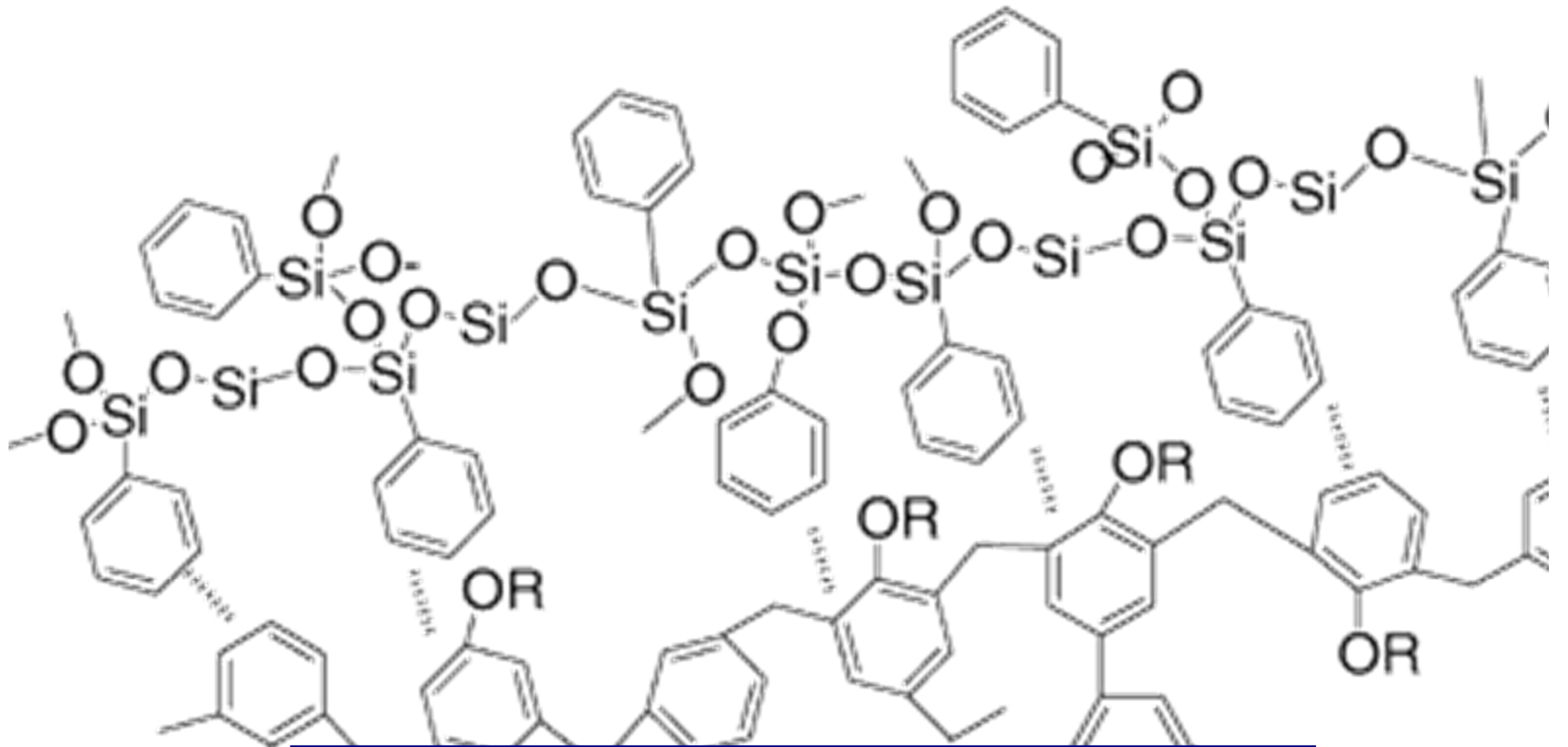
Kansas State University civil engineers are developing the right mix to reduce concrete's carbon footprint and make it stronger. Their innovative ingredient: biofuel byproducts.

"The idea is to use bioethanol production byproducts to produce a material to use in concrete as a partial replacement of cement," said Feraidon Ataie, doctoral student in civil engineering, Kabul, Afghanistan. "By using these materials we can reduce the carbon footprint of concrete materials."



### **Bio-base polyurethane building material derived from lignin**

The synthesis of bio-base polymer materials from renewable wood biomass resources has attracted lots of attention. Polyurethane building materials based on lignin were prepared by lignin polyol and isocyanate. Lignin was modified by polyethylene glycol and glycerol to obtain lignin polyol, and polyurethane material based on lignin was prepared from lignin polyol and isocyanate. This study will pave the way for the application of lignin in bio-base polyurethane heat insulating building material.



## POLIMERI INORGANICI

I Polimeri inorganici contengono elementi diversi dal carbonio nello scheletro polimerico: come Si, P, S, B, ...

Proprietà:

- Legami chimici spesso più lunghi o più forti, angoli di legame più ampi, elevata mobilità della catena
- $T_g$  bassissime (anche  $< -100^\circ\text{C}$ )
- Resistenza all'ossidazione anche ad alte temperature ( $150^\circ\text{C}$ )
- Resistenza alla formazione di radicali (rottura omolitica del legame)
- Resistenza alla combustione e alla fiamma
- Diversa reattività e diversa solubilità

# POLIMERI INORGANICI

POLISILOSSANI

Si

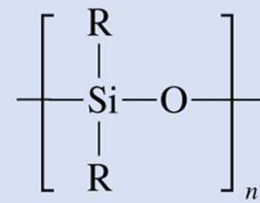
POLIFOSFAZENI

P

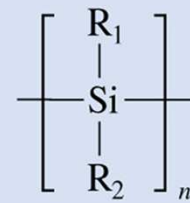


## Con silicio

polisilossani (siliconi)



polisilani



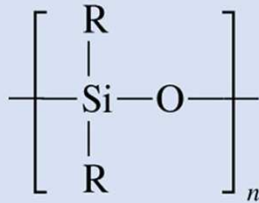
## Con Fosforo

poli(organofosfazeni)	politiofosfazeni
$\left[ \begin{array}{c} \text{R} \\   \\ \text{---N=P---} \\   \\ \text{R} \end{array} \right]_n$	$\left[ \begin{array}{c} \text{R} \quad \text{R} \\   \quad   \\ \text{---S=N---P=N---P=N---} \\   \quad   \quad   \\ \text{R} \quad \text{R} \quad \text{R} \end{array} \right]_n$

## Con Zolfo

zolfo polimerico	politiazene
$\text{---} \left( \text{S---S} \right)_{4n} \text{---}$	$\text{---} \left( \text{S=N} \right)_n \text{---}$

# POLISILOSSANI (SILICONI)



R = -CH<sub>3</sub>, -H, -CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, -fenile, -vinile, ...

Unità strutturali: Si e O alternati, due sostituenti (R) su Si

$n_{\max} = 20000 - 25000$

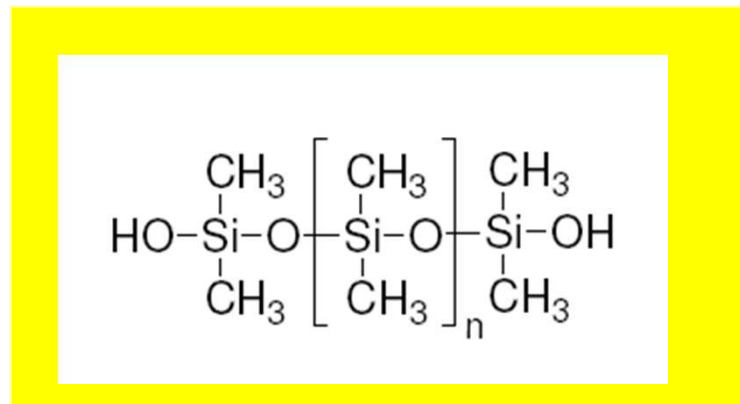
Il legame Si-O è forte e flessibile

## Composti polimerici del silicio: stabilità

Si-O 83 Kcal/mol

C-O 53 Kcal/mol

I legami Si-O sono più stabili dei corrispondenti legami C-O anche a causa dell'intervento di orbitali *d*



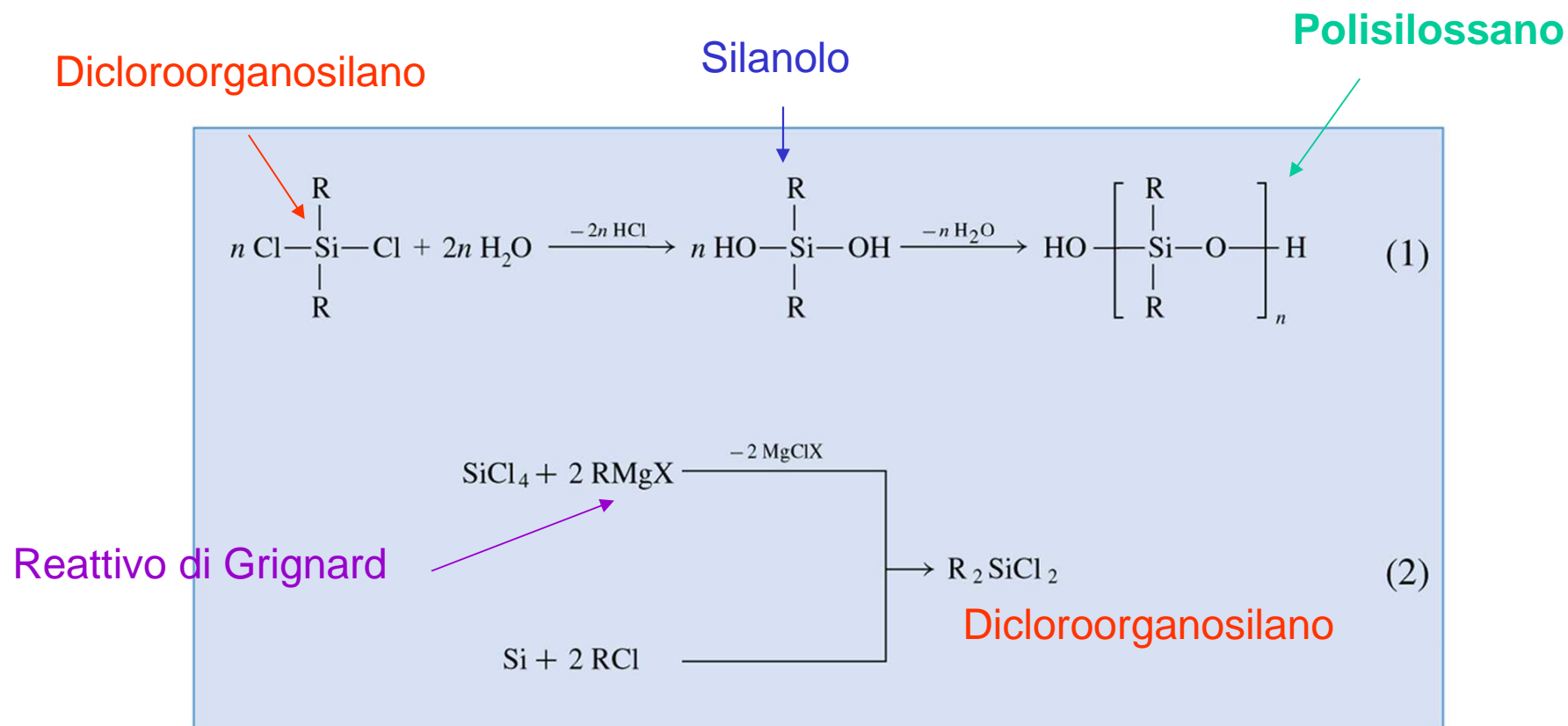
Polisilossano lineare

I silicani sono **inerti chimicamente, stabili termicamente, isolanti, idrofobici e non tossici**

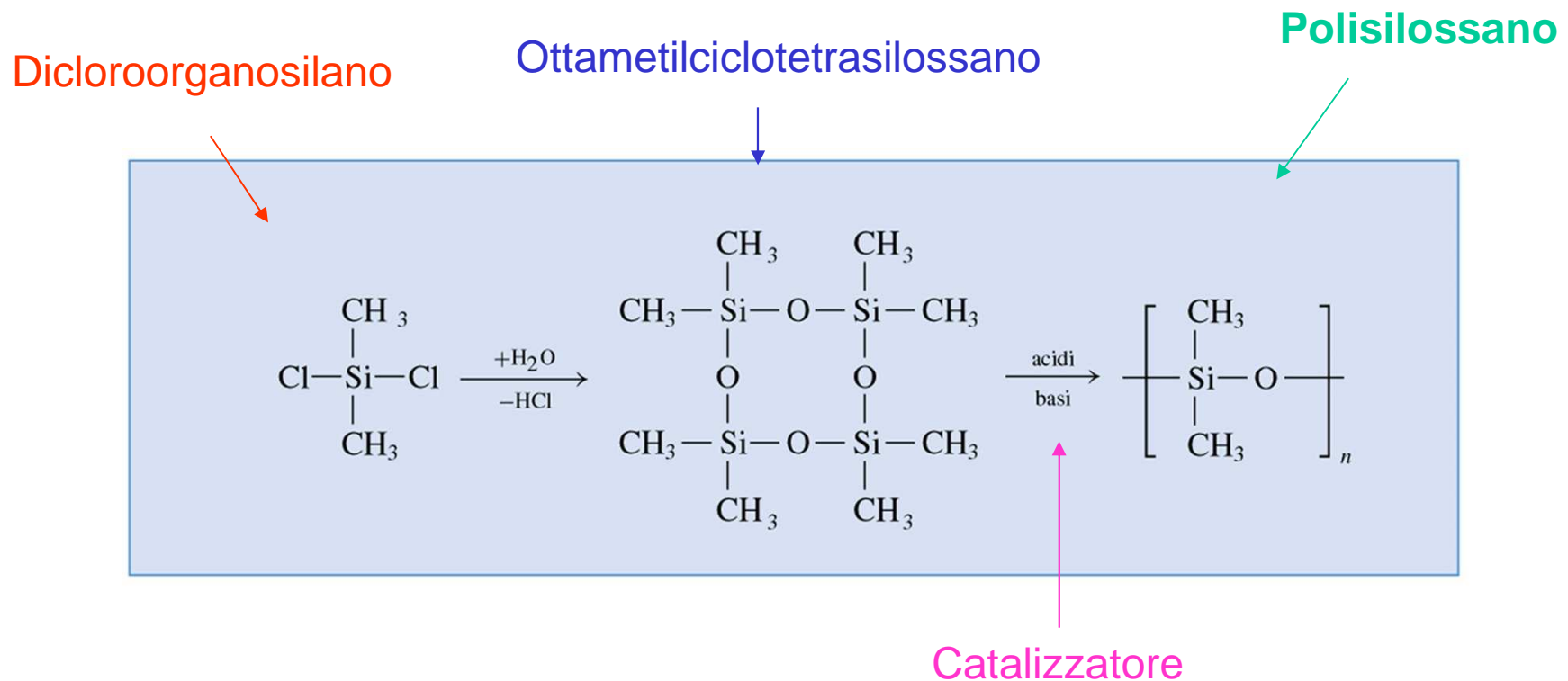
I silicani lineari sono **fluidi fino a n=2000**

Gomme e resine siliconiche si ottengono con polimeri ramificati

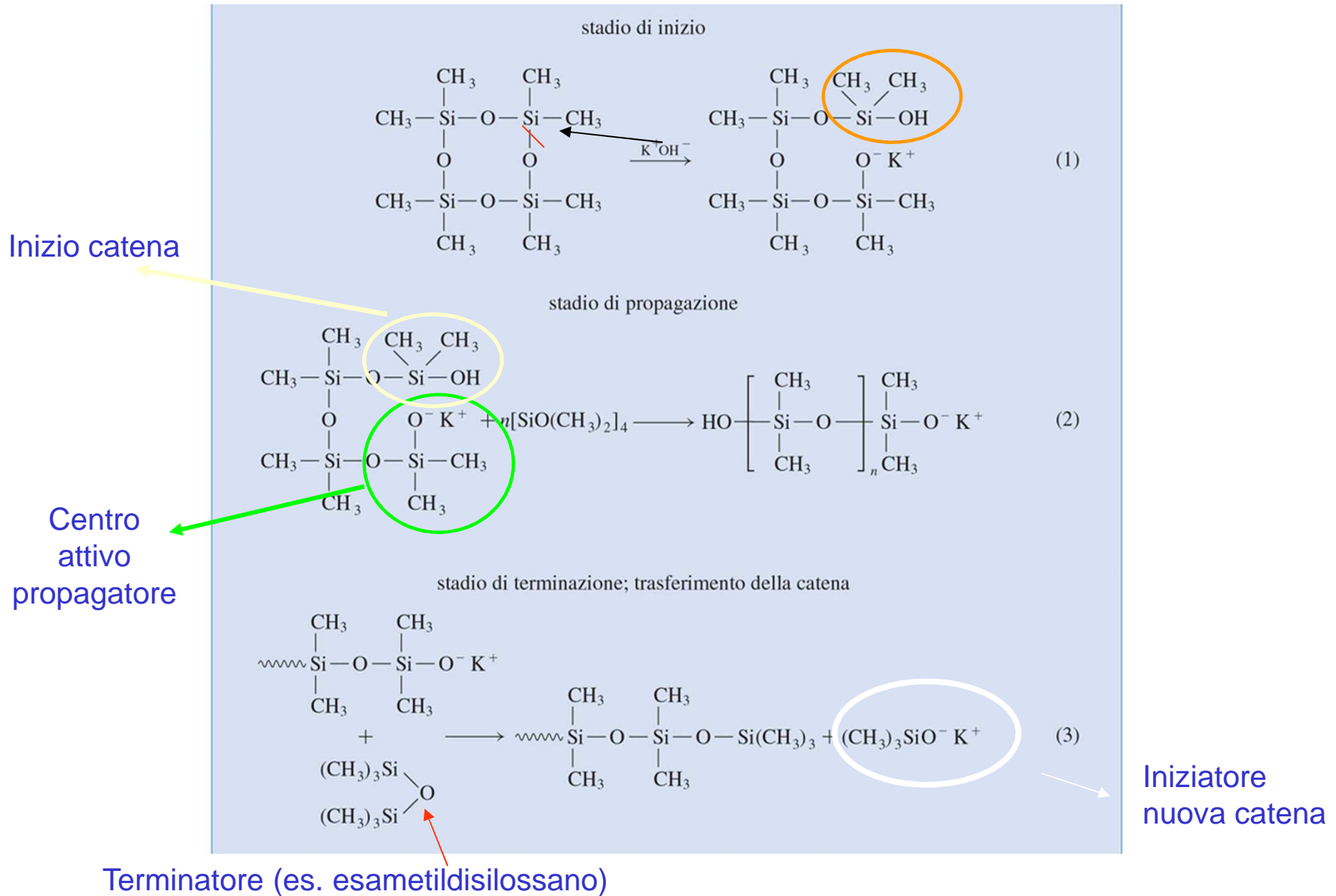
# Sintesi classica dei siliconi: idrolisi e condensazione

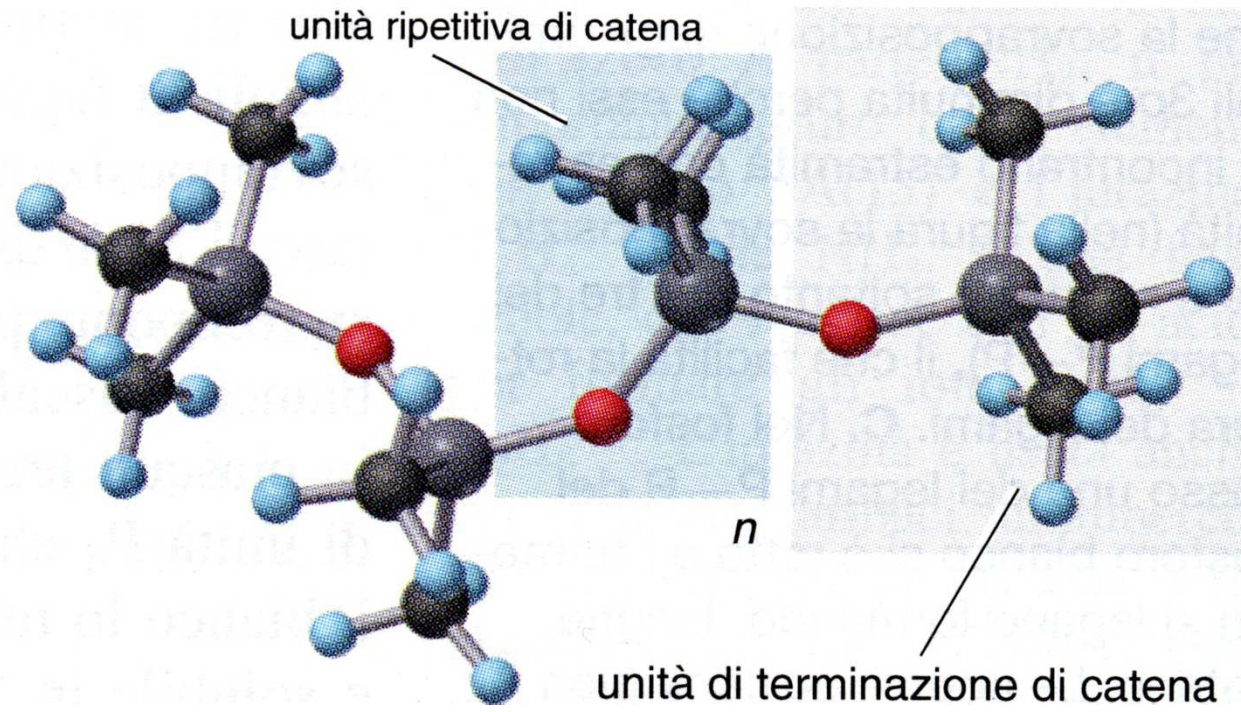


# Sintesi innovativa dei siliconi: polimerizzazione catalizzata di ciclosilossano



# Sintesi con catalisi basica







# Proprietà dei siliconi

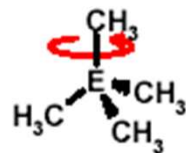
Il Si non dà reazione di combustione

Forte differenza di elettronegatività tra Si e O:

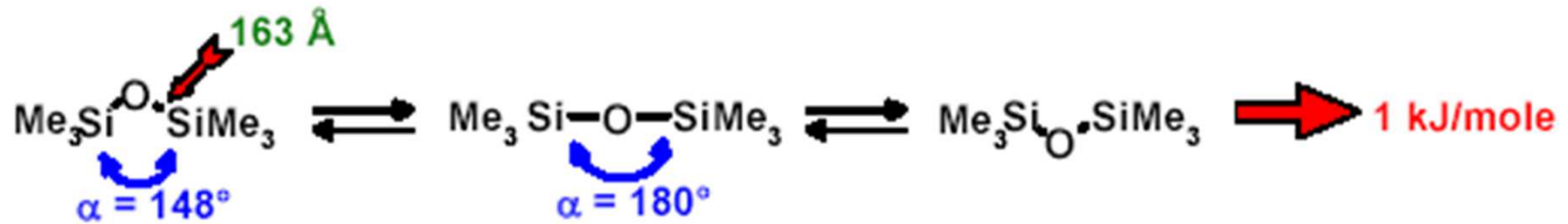
Legame Si-O ha parziale carattere di legame ionico →  
difficile rompere il legame omoliticamente per formare  
radicali → Resistenza alla degradazione termica

Le catene non sono congestionate (legami lunghi, R su  
atomi alternati)

Basse barriere energetiche per la rotazione



E	C	Si	Ge	Sn	Pb
barriera rotazionale kJ/mole	18	7	1.5	0	
d(E-C), Å	154	188	194	216	230



Facile movimento dei sostituenti rispetto a Si-O-Si

La superficie dei siliconi è costituita dalle **catene laterali apolari** (costituite da sostituenti organici, ad es. metili) mentre la catena polimerica viene mantenuta all'interno del materiale  $\rightarrow$  carattere **idrofobico ed inerzia biochimica**

$n \approx 1000$  **Fluidi siliconici**: silossani ciclici e lineari parzialmente reticolati con grande stabilità termica

$n \approx 10000 - 20000$  **Gomme siliconiche**: polimeri lineari reticolabili con perossidi, UV; solubili in solventi organici

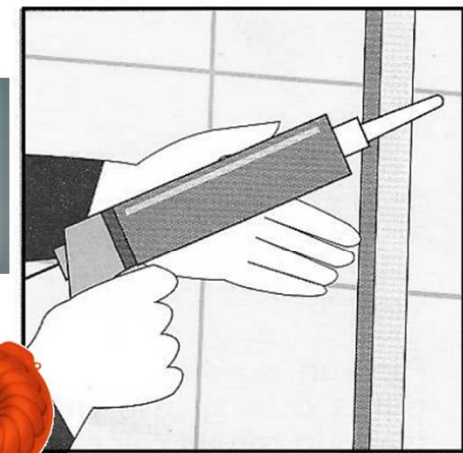
$n > 20000$  **Resine siliconiche**: polimeri lineari e ramificati con vario grado di reticolazione



## Campi di applicazione dei siliconi:

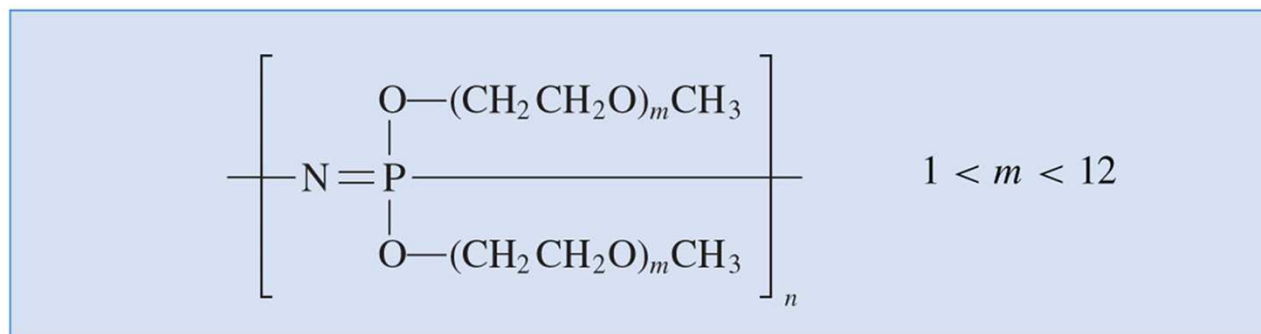
nell'edilizia, nell'industria aerospaziale, automobilistica, elettrica, degli adesivi, in elettronica, in medicina e nel tessile

Come oli idraulici, lubrificanti antischiumogeni, oli cosmetici, prodotti per la pulizia, stampi da cucina per forno, tappi per bottiglie, elastomeri, circuiti elettronici, protesi



## Polimeri fosfazenici con polietilenossido

Derivano da **polietilenossido** a varia lunghezza. Possono essere drogati con sali di Li e Ag



**Conduttori ionici:** batterie al litio; celle a combustibile; applicazioni biomediche; materiali ottici; industria aerospaziale e materiali antifiamma