

Materiali Polimerici e Compositi

1 - Introduzione

Riferimenti e contatti

Ing. Alessio Ferluga

alessio.ferluga@dia.units.it

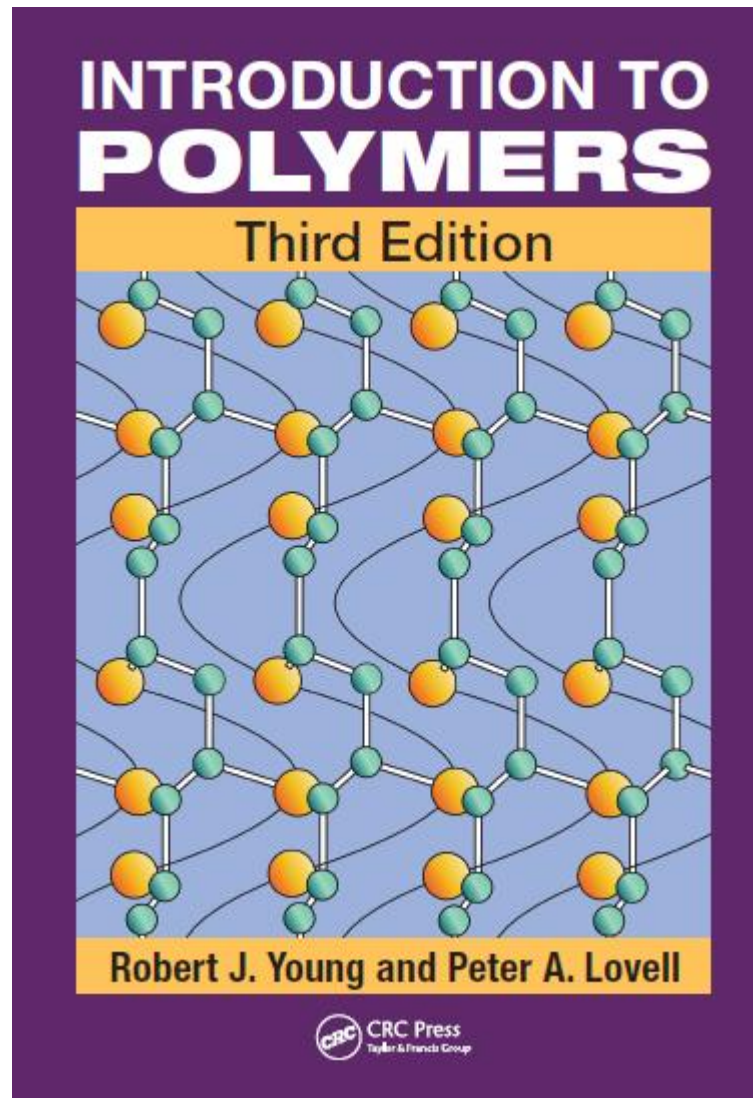
(alessio.ferluga@gmail.com)

Ufficio: Ed. B, 2° piano, stanza n° B_2.127

Telefono: 040 558 3446

Ricevimento: dopo lezione e su appuntamento.

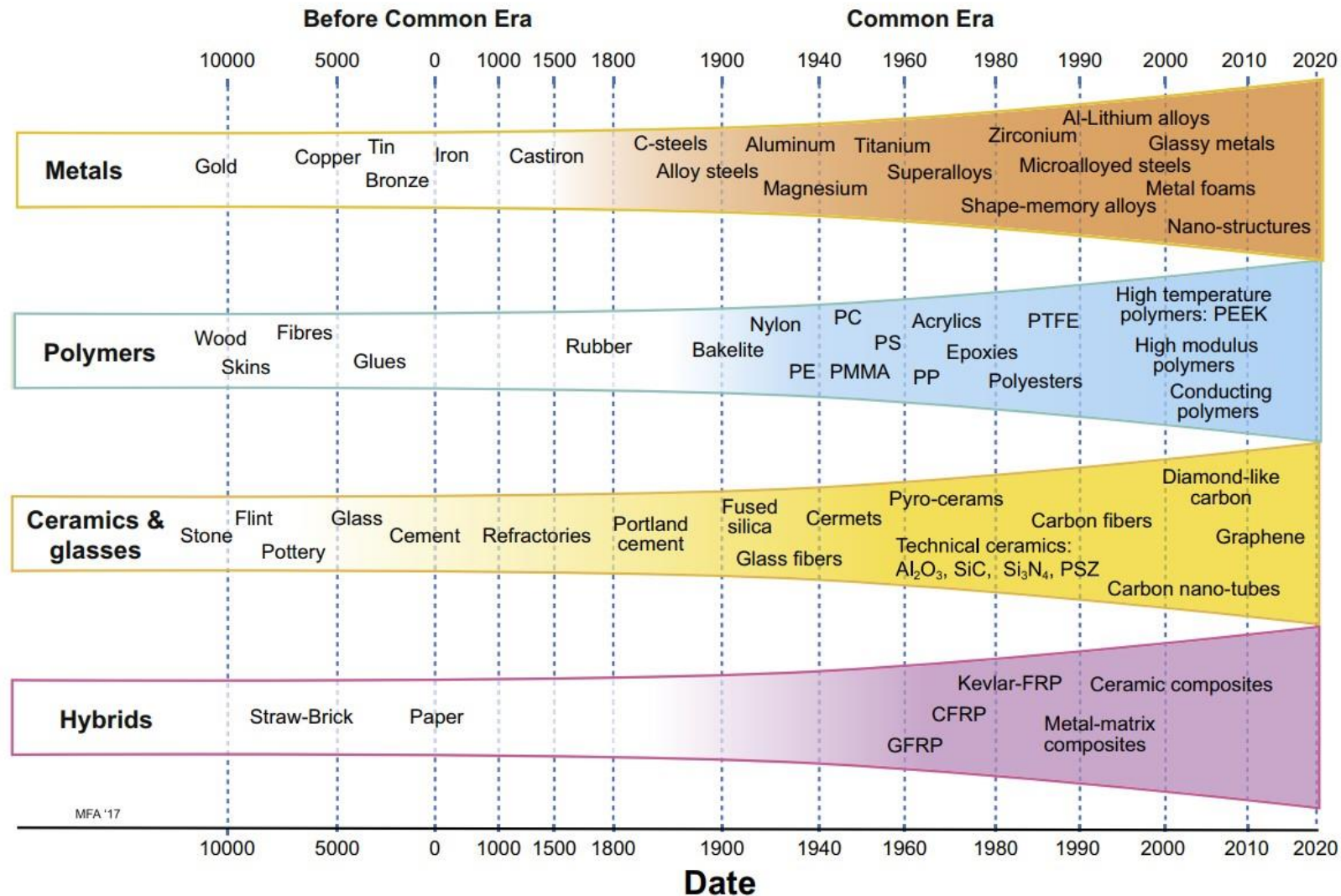
Testo di riferimento



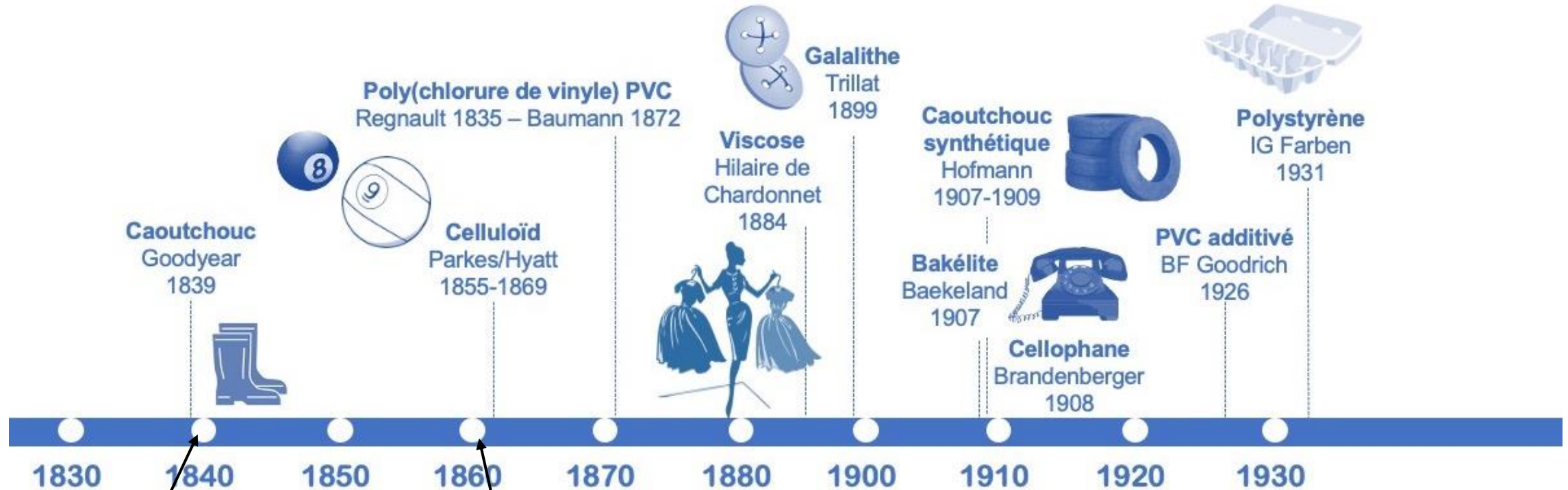
Outline

- Cenni storici
- Definizioni
- Generalità sulla struttura dei polimeri
- Proprietà
- Classificazione dei polimeri
- Mercato e consumo

Evoluzione dei materiali nel tempo



The first plastics (19th and early 20th century)

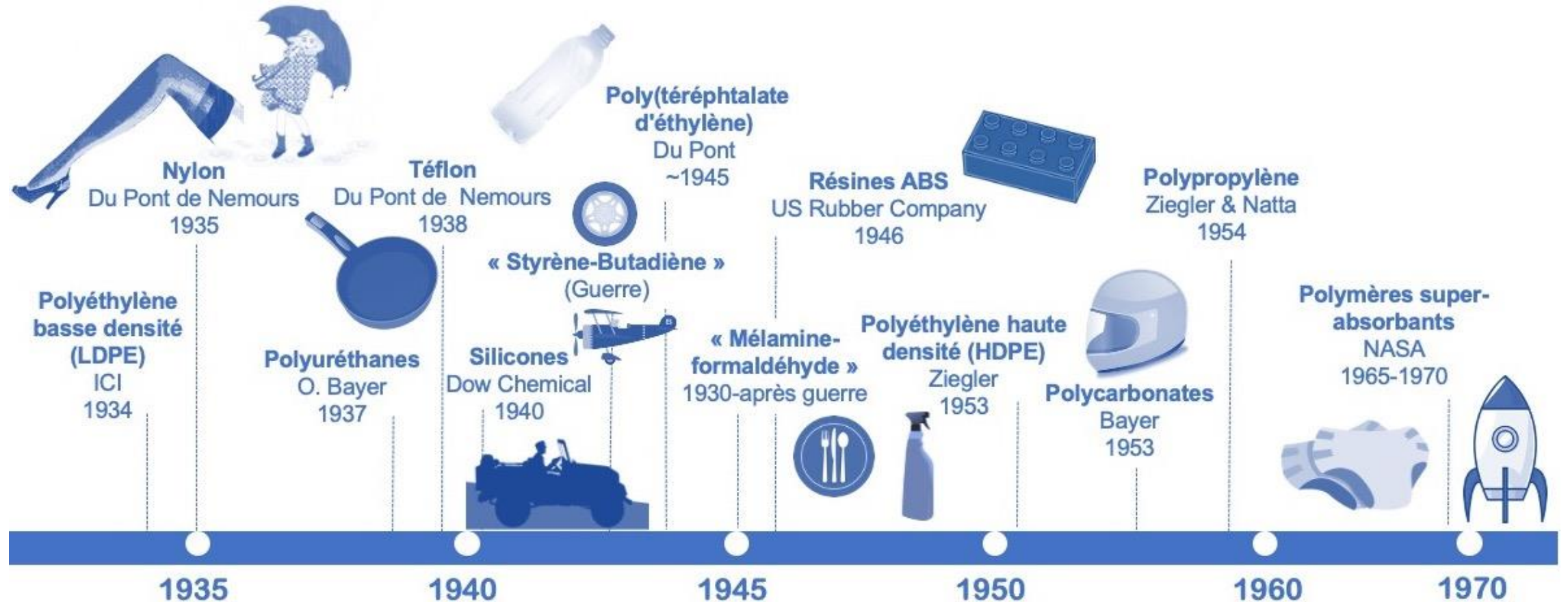


© 2021 Richel Aurore

vulcanizzazione
gomma

Sostituzione avorio
per le palle da biliardo

20th Century Plastics Industry Milestones

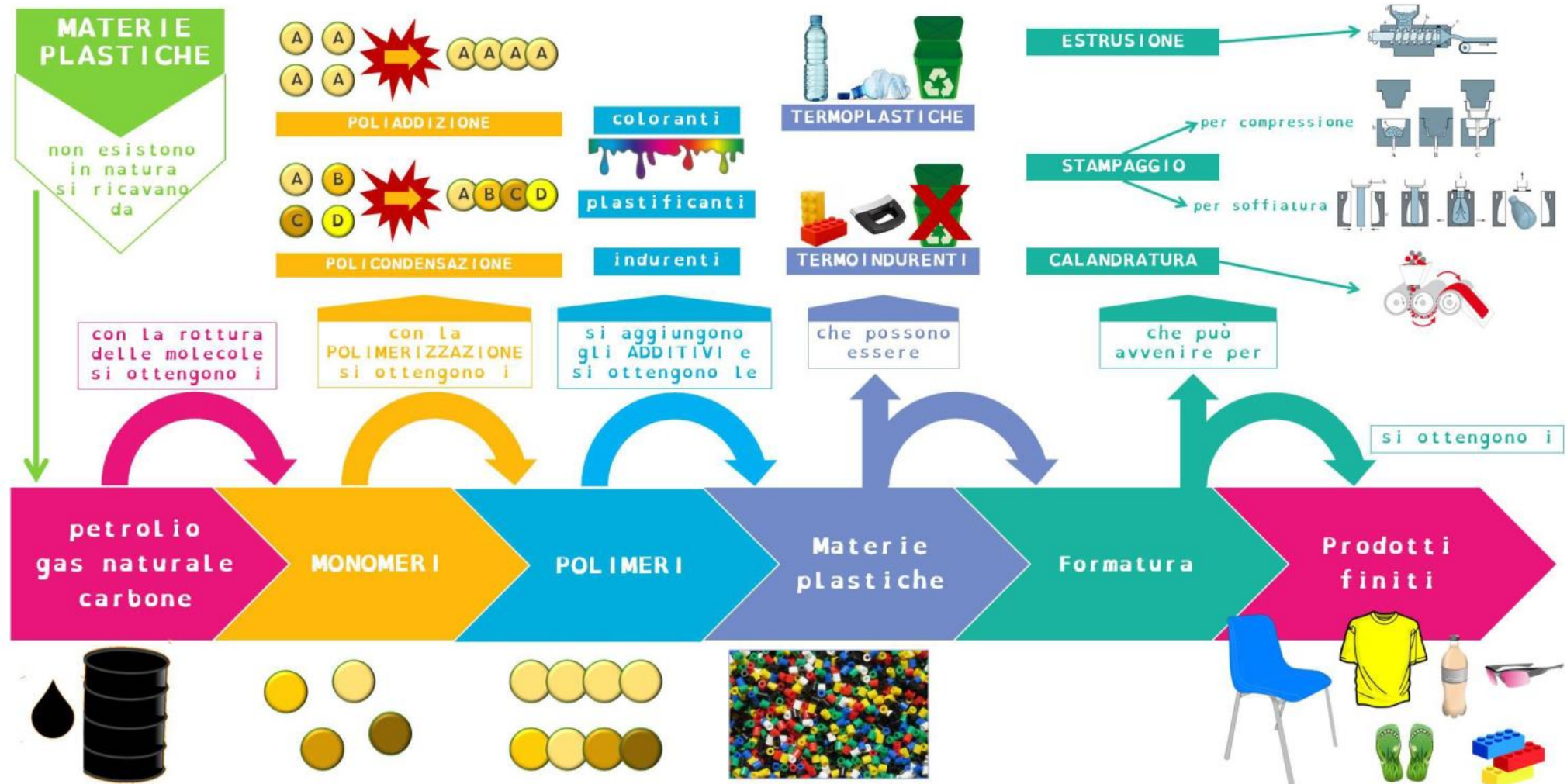


© 2021 Richel Aurore

Polimeri - definizioni

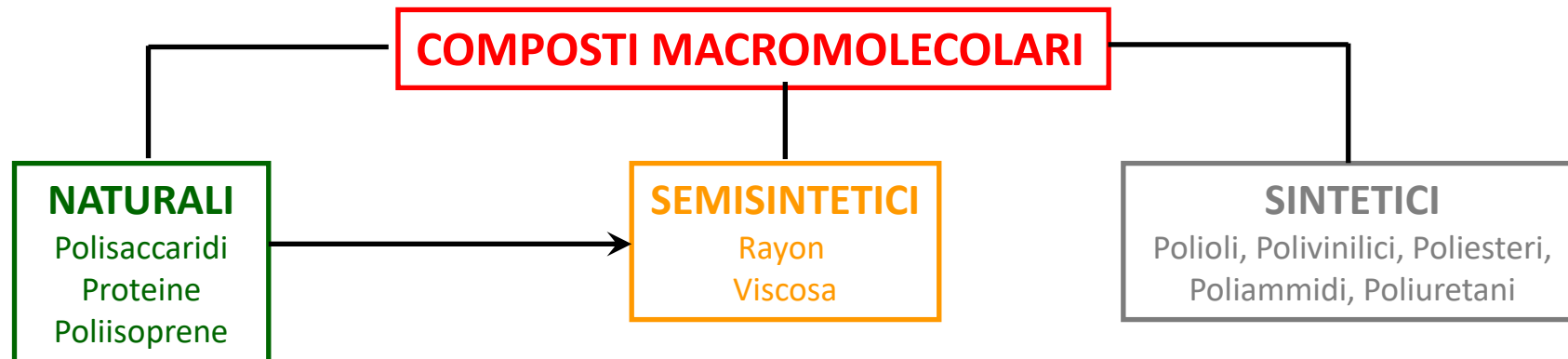
- I **POLIMERI** sono materiali composti da macromolecole aventi elevato peso molecolare e formate dalla ripetizione di una o più unità strutturali unite "a catena" mediante legami covalenti.
- Le **PLASTICHE** sono polimeri miscelati con additivi e/o cariche.

Polimeri - definizioni



Polimeri - definizioni

- Una prima classificazione può essere fatta sulla base della natura dei polimeri stessi ovvero:
 - **POLIMERI NATURALI**: sono derivati da piante e animali
 - **POLIMERI SEMISINTETICI**: sono derivati da prodotti naturali che vengono successivamente trattati per via chimica
 - **POLIMERI SINTETICI**: sono macromolecole sintetizzate a partire da materiali più semplice.



Polimeri - definizioni

- **Termoplastico**: è un polimero in grado di essere ripetutamente ammorbidito (fino allo stato fluido) tramite riscaldamento e indurito a seguito di raffreddamento.
- **Termoindurente**: è un polimero che, dopo essere stato sottoposto ad un processo di cura (reticolazione), diventa un materiale che non può essere più portato allo stato fluido tramite semplice innalzamento della temperatura.
- **Elastomero**: è un polimero capace di essere sottoposto a notevoli deformazioni elastiche e poi ritornare alle sue dimensioni e forma iniziali. Gli elastomeri possono essere divisi in termoplastici e termoindurenti, questi ultimi ottenibili tramite un processo generalmente noto come vulcanizzazione.



Polimeri

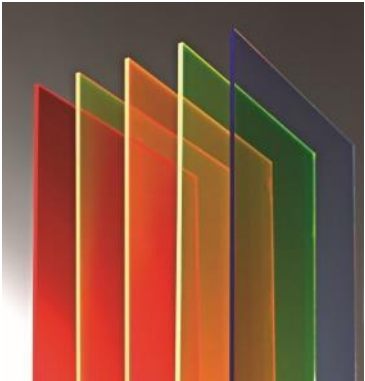
Termoplastici

Elastomeri

Termoindurenti

Amorfi

Semicristallini



Legami primari sulla catena,
secondari tra le catene

Basso grado
di
reticolazione

Legami primari tra le catene

Elevato
grado di
reticolazione

Polimeri - definizioni

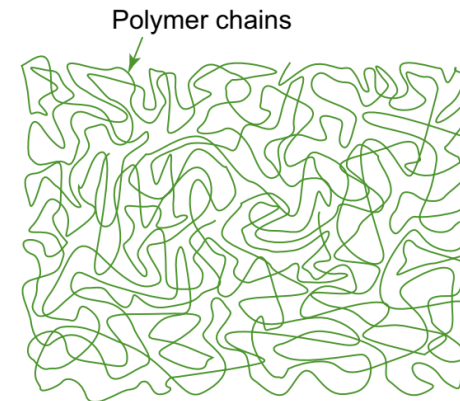
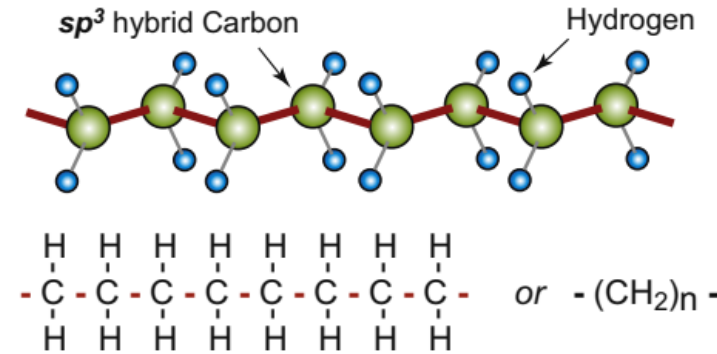
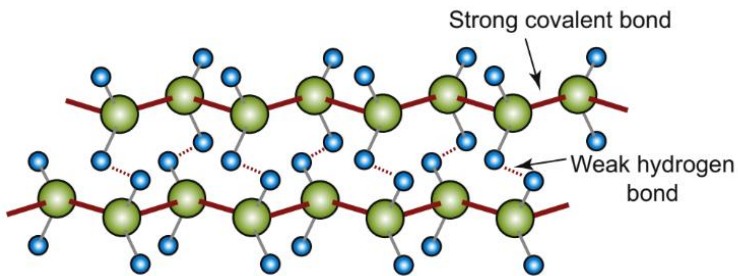
Termoplastici:

- Legami covalenti lungo la catena tra gli atomi di carbonio

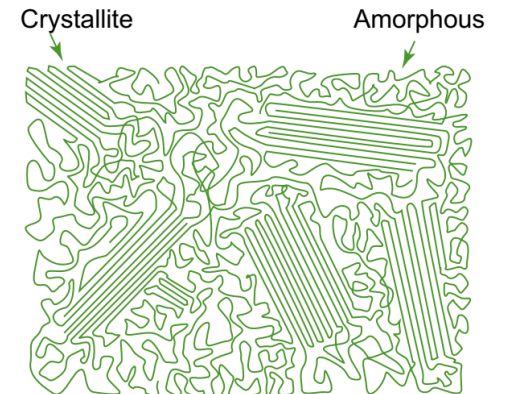
Forti (150-4000 kJ/mol)

- legami tra le catene: Van der Waals, legame idrogeno

Deboli (0,05-30 kJ/mol)



Amorfo

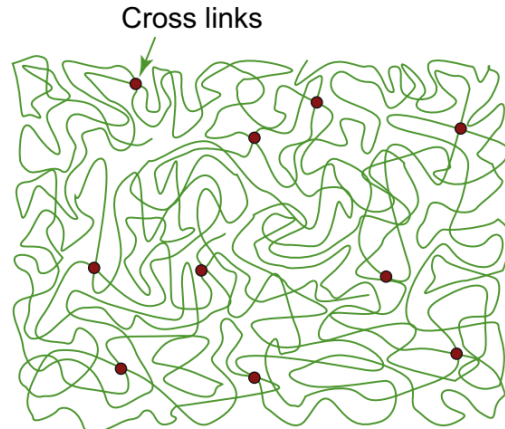
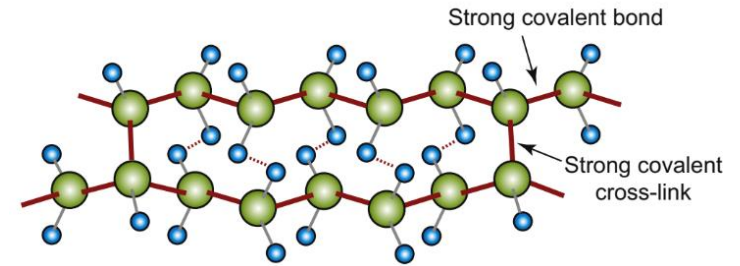


Semicristallino

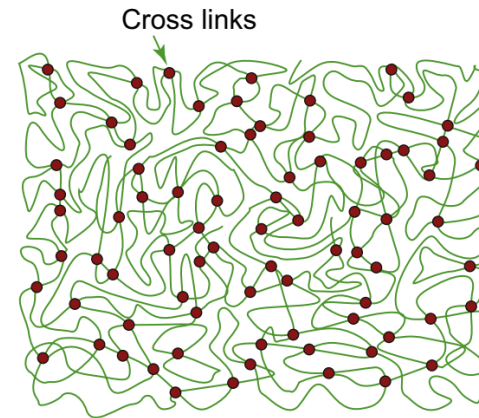
Polimeri - definizioni

Termoindurenti e elastomeri

- Legami covalenti lungo la catena tra gli atomi di carbonio
- Legami covalenti tra le catene (crosslink)



Elastomero



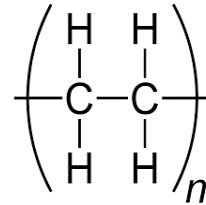
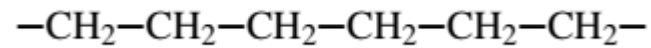
Resina termoindurente

Polimeri - definizioni

- Omopolimero: polimero caratterizzato da un solo tipo di unità strutturale o ripetitiva.



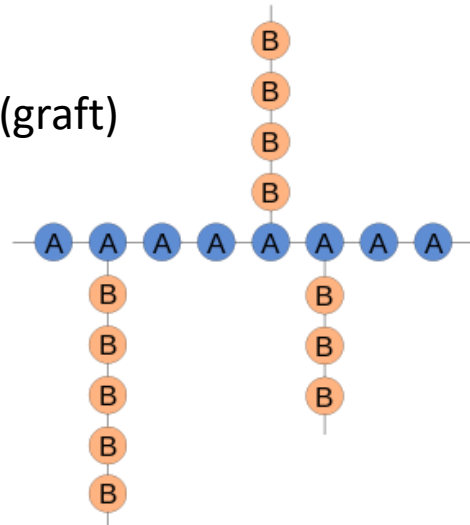
Polietilene



Polimeri - definizioni

- **Copolimero**: catena polimerica consistente di due o **più tipi di unità ripetitive chimicamente legate**

- Copolimeri casuali (ethylene vinyl acetate (EVA))
- Copolimeri alternati
- Copolimeri a blocchi (styrene butadiene styrene, SBS)
- Copolimeri ad innesto (graft)



Attenzione!

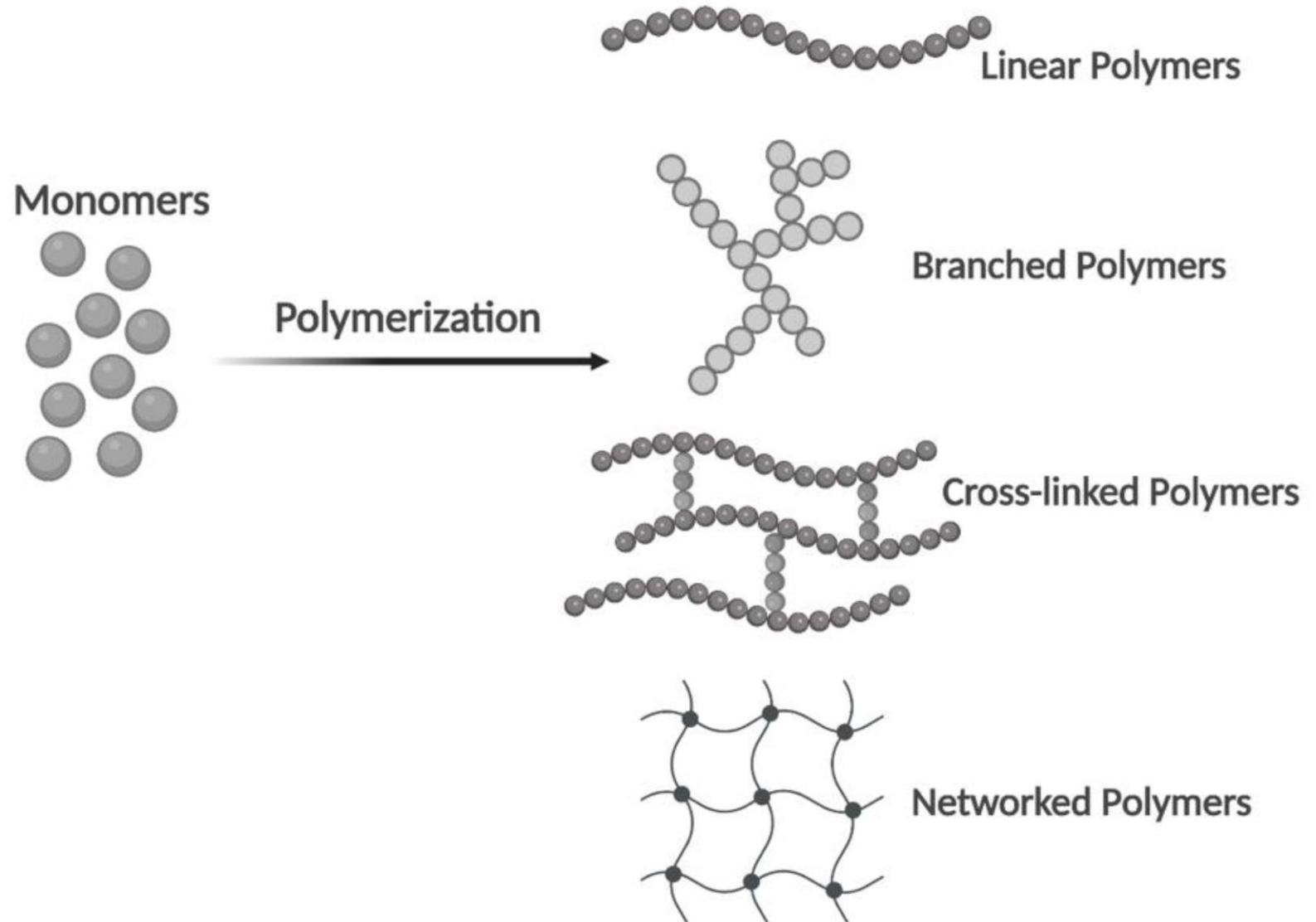
Blend: miscela di 2 polimeri $\neq$ copolimero

Struttura dei polimeri



Polimeri - definizioni

- [Skeletal structure](#)

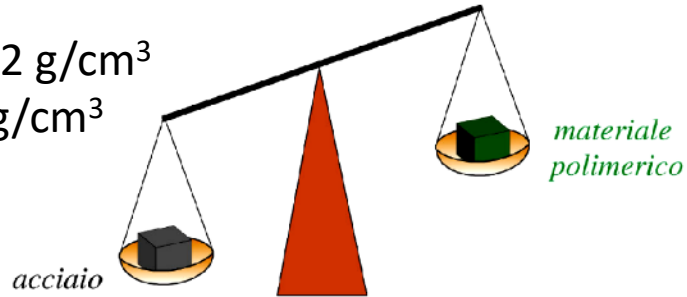


Polimeri - Caratteristiche

Densità

Polimeri: $1 \div 2 \text{ g/cm}^3$

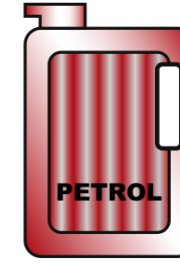
Acciaio: 7.8 g/cm^3



Inerzia chimica

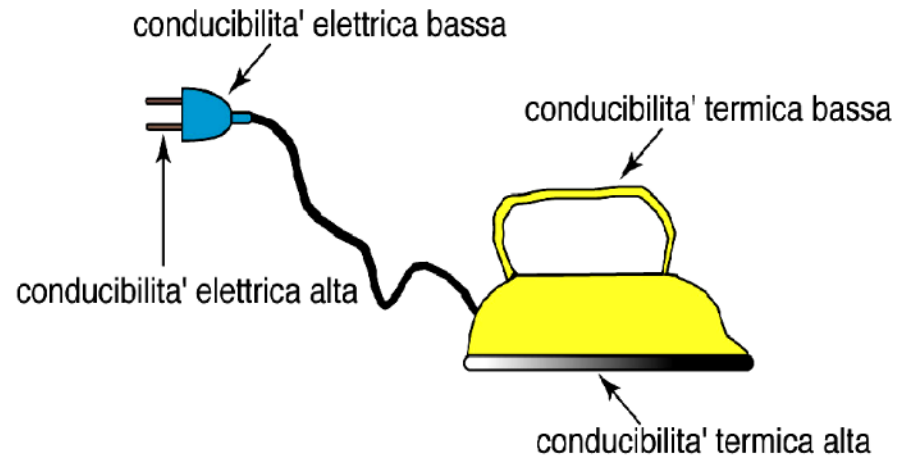


Acids and alkalis



Organic solvents

Bassa Conducibilità termica ed elettrica



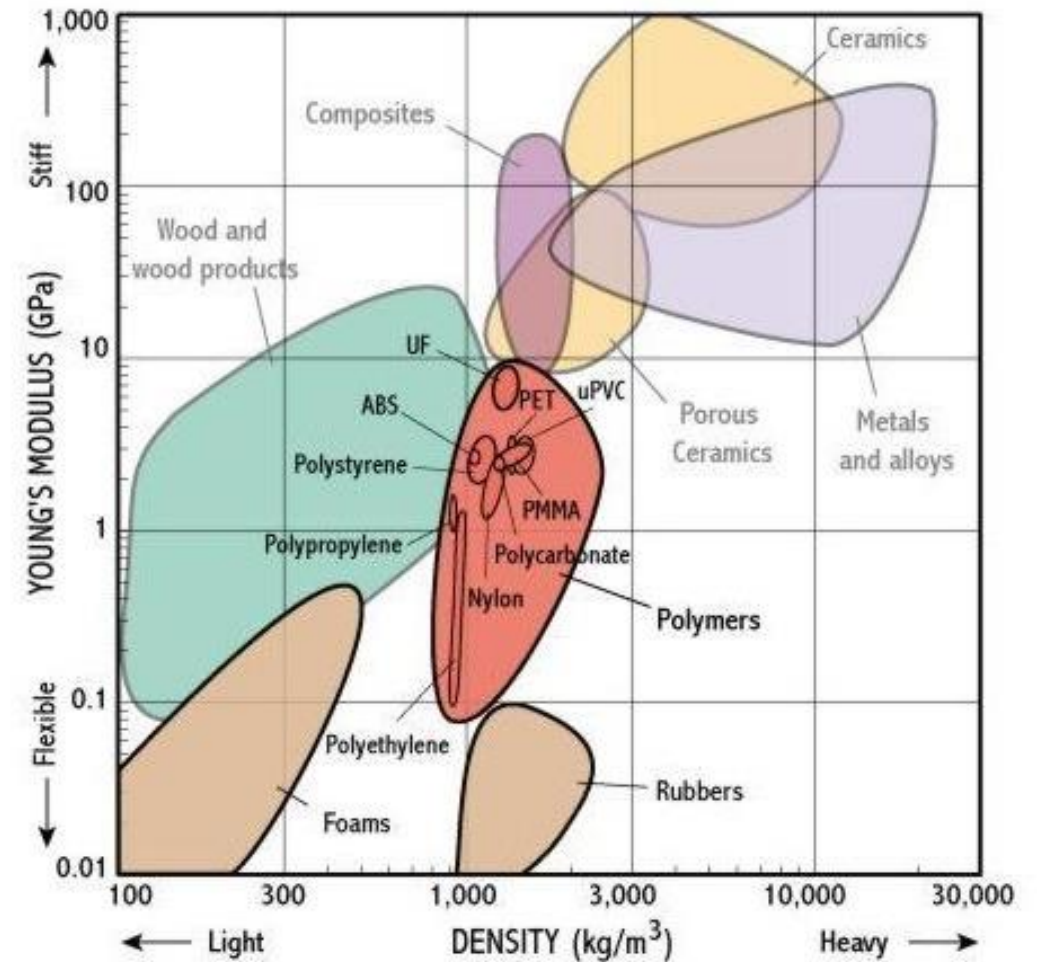
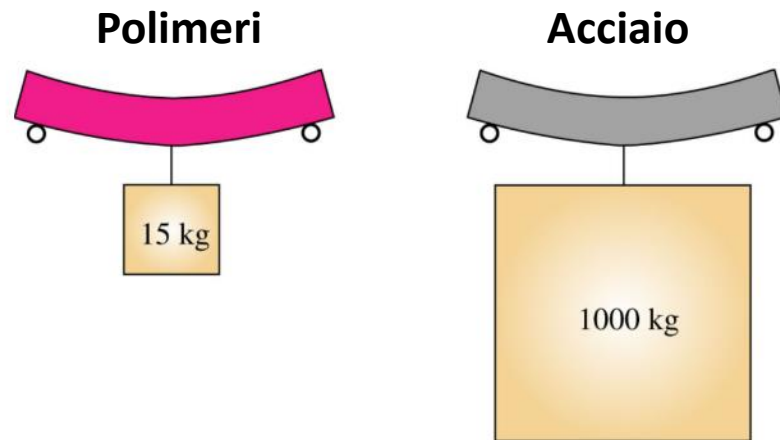
Processabilità: varie forme e dimensioni



Polimeri - Caratteristiche

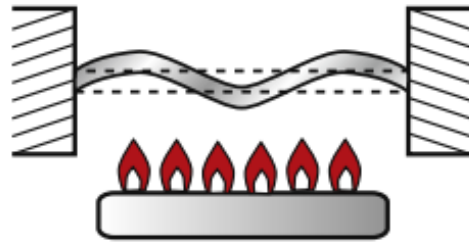
Proprietà meccaniche

	Modulo di Young (GPa)	Tensile Strength (MPa)
Acciaio	190 ÷ 210	480 ÷ 2200
PE	0.62 ÷ 0.9	21 ÷ 45
PET	2.8 ÷ 4.1	48 ÷ 72
Epoxy	2.4 ÷ 3.1	45 ÷ 90



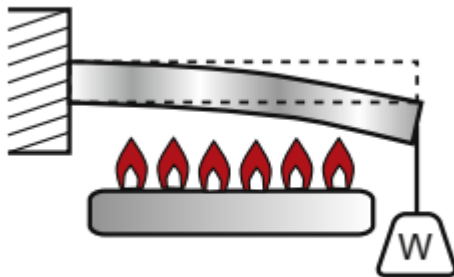
Polimeri - Caratteristiche

Alto coefficiente di espansione

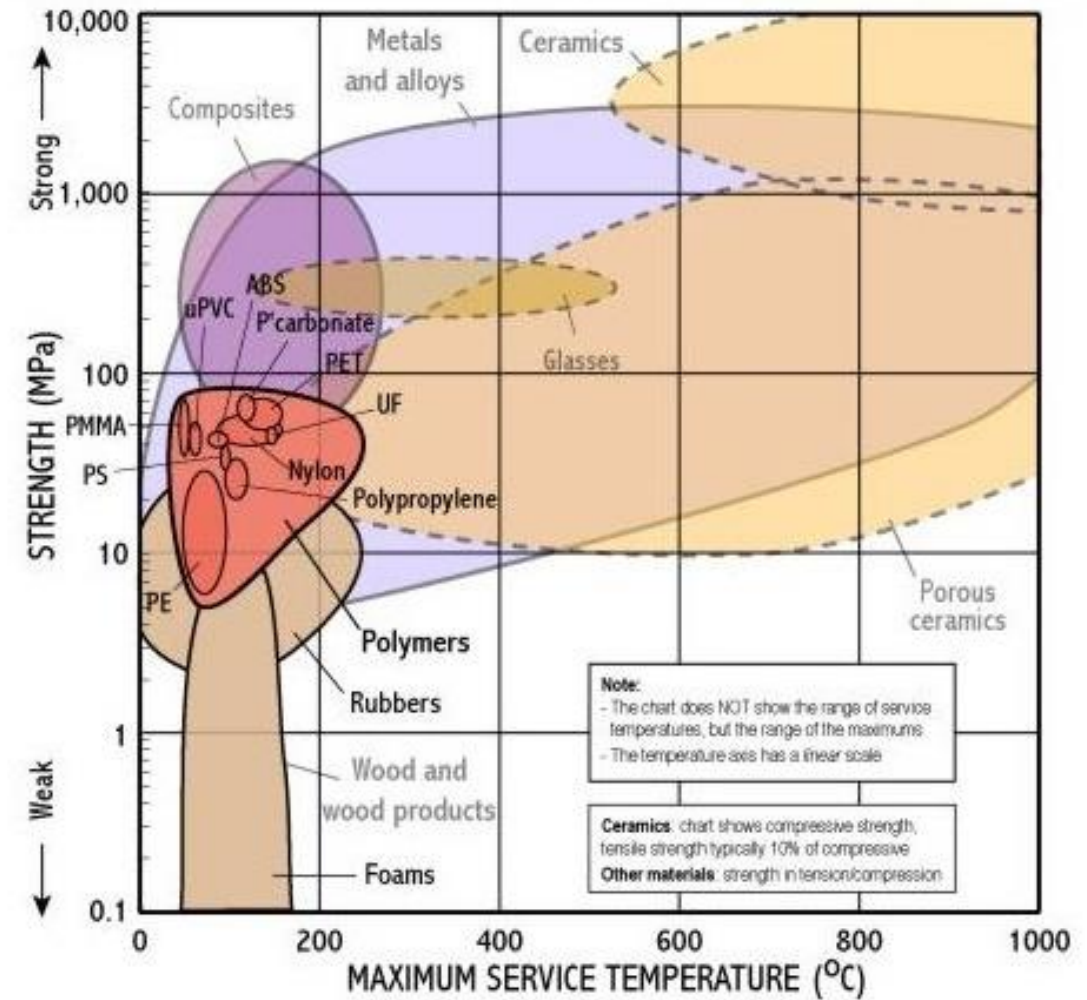


High expansion coefficient α

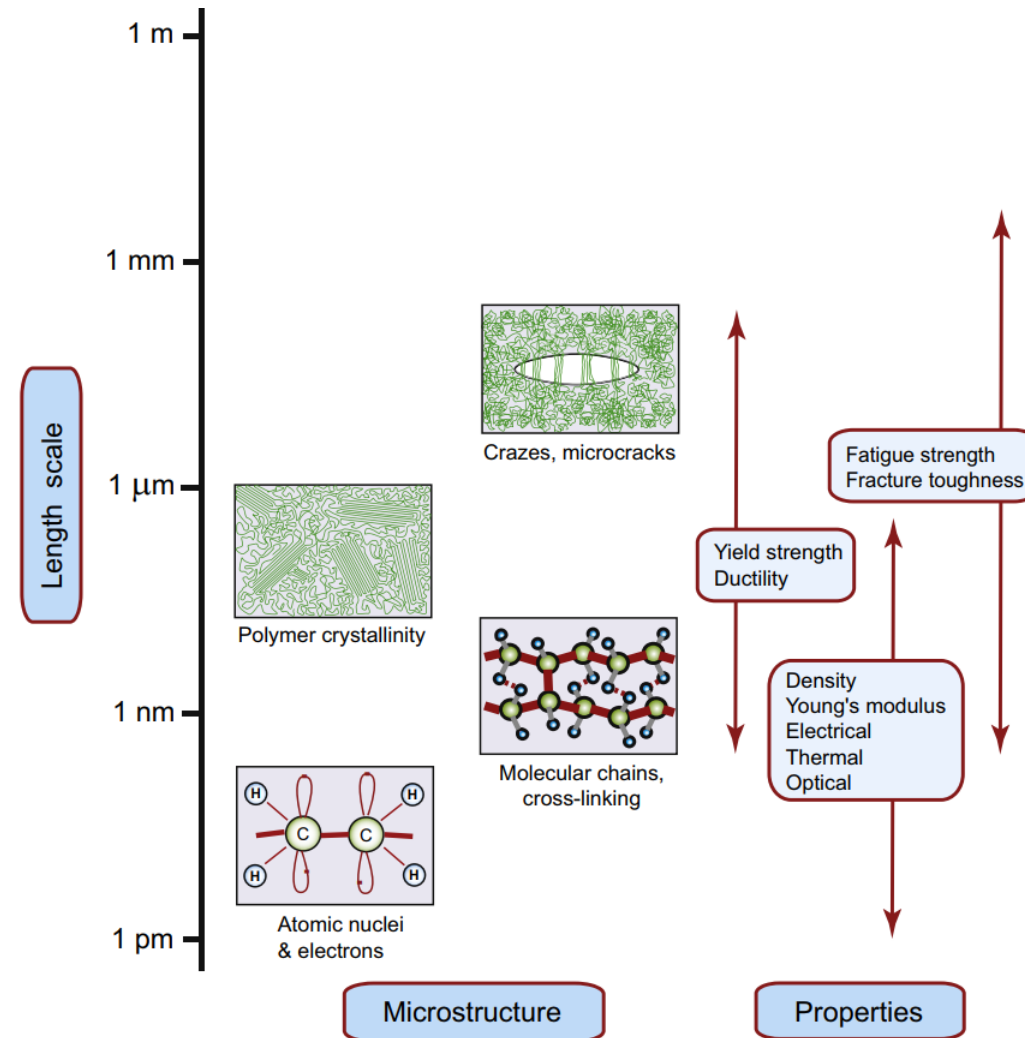
Bassa temperatura di servizio



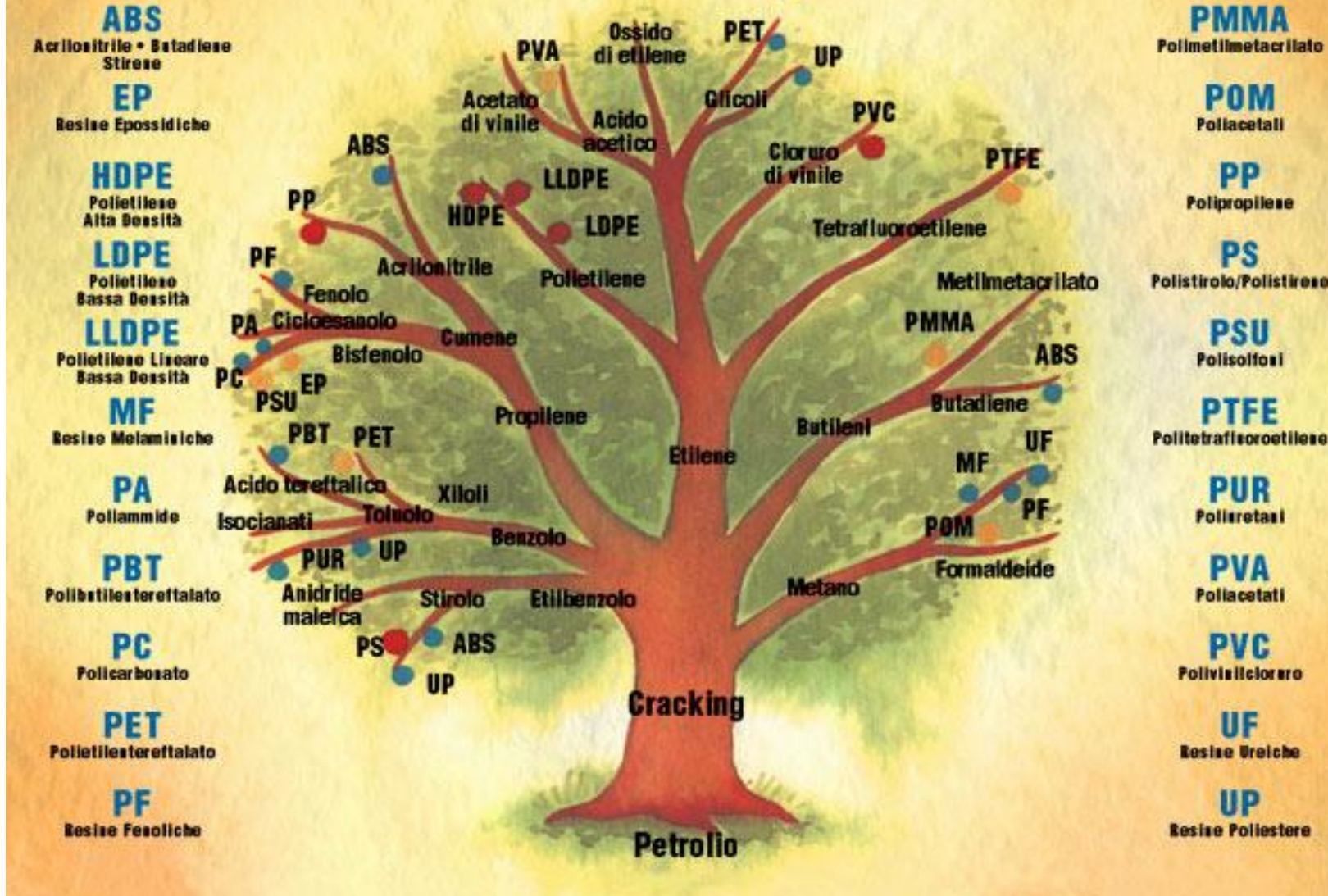
Low service temperature $T_{\max}$



Influenza della microstruttura sulla proprietà dei polimeri

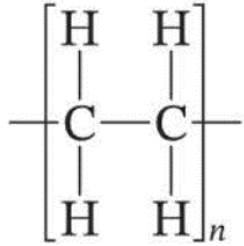


L'albero della plastica



L'albero della plastica mostra, in maniera grafica, alcune delle plastiche che si ottengono dalla lavorazione del petrolio e del gas naturale.

Termoplastici di uso comune



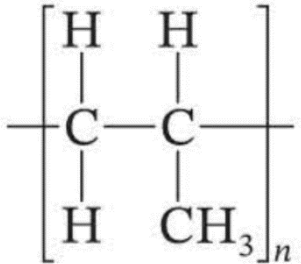
Polietilene (PE)

LDPE (Low Density PE) – film, pellicole, imballaggi, giocattoli

HDPE (High Density PE) – flaconi per detersivi, serbatoi, tappi

$T_m = 110 \div 137^\circ\text{C}$

$T_g = -130 \div -90^\circ\text{C}$

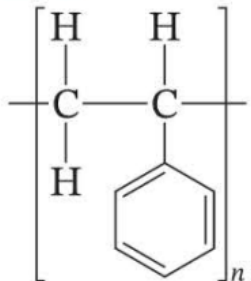


Polipropilene (PP)

Componenti per auto, arredamento, casalinghi, tubazioni, contenitori alimentari, banconote

$T_m = 160 \div 165^\circ\text{C}$

$T_g = -20 \div 20^\circ\text{C}$



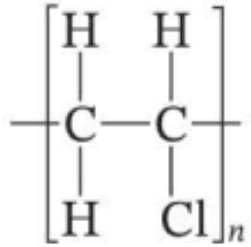
Polistirene (PS o EPS)

Imballaggi alimentari, posate e piatti, isolanti per edilizia, oggetti per elettronica

$T_g = 80 \div 105^\circ\text{C}$



Termoplastici di uso comune

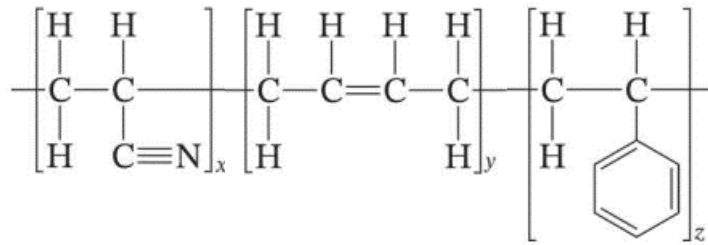
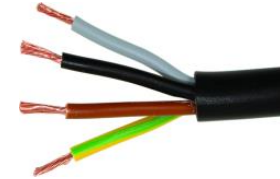


Polivinilcloruro (PVC)

Tubi, profili per finestre, cavi, imballaggi

PVC-Plasticizzato $T_g = -50 \div 80^\circ\text{C}$

PVC-Non plasticizzato $T_g = 80 \div 90^\circ\text{C}$



A: Poliacrilonitrile

B: Polibutadiene

S: Polistirene

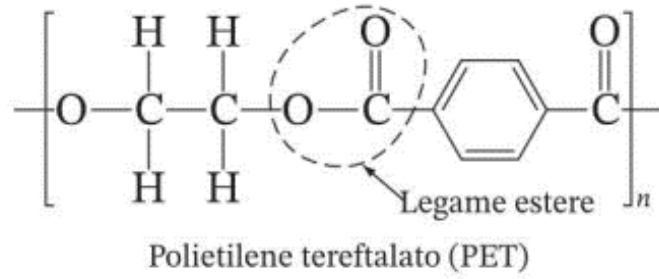
Acrilonitrile Butadiene Stirene (ABS)

Manufatti resistenti all'urto, Lego®, valige, accessori auto

$T_g = -85^\circ\text{C} \text{ e } 105^\circ\text{C}$ (terpolimero a blocchi)



Tecnopolimeri

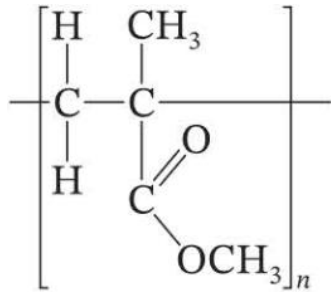


Polietilentereftalato (PET)

Bottiglie per bibite, fibre tessili

$T_m = 245 \div 260^\circ\text{C}$

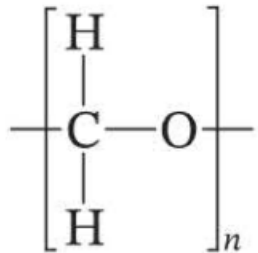
$T_g = 70 \div 85^\circ\text{C}$



Polimetilmetacrilato (PMMA)

Lastre trasparenti, finestre, fanali automobili

$T_g = 105 \div 115^\circ\text{C}$



Resine acetaliche (POM)

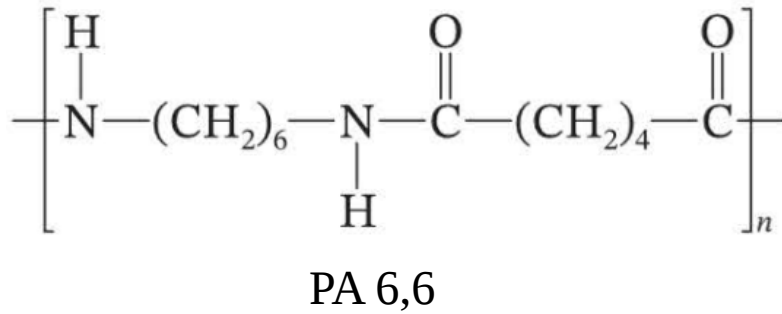
Cuscinetti, ingranaggi, cerniera lampo

(Homo) $T_m = 175 \div 190^\circ\text{C}$; $T_g = -85 \div -75^\circ\text{C}$

(Copo) $T_m = 140 \div 175^\circ\text{C}$; $T_g = -75 \div -60^\circ\text{C}$



Tecnopolimeri

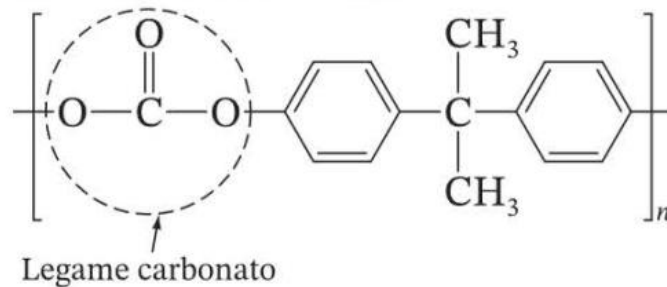


Poliammide (PA, nylon)

Fibre tessili, fibre sintetiche tecniche, ingranaggi, cuscinetti, ventole per motori, connettori elettrici

PA 11/12 $T_m = 180 \div 190^\circ\text{C}$; $T_g = 40 \div 55^\circ\text{C}$

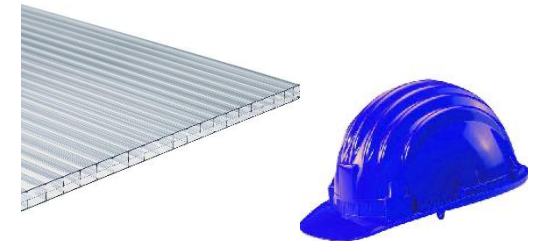
PA 6,6 $T_m = 225 \div 265^\circ\text{C}$; $T_g = 65 \div 90^\circ\text{C}$



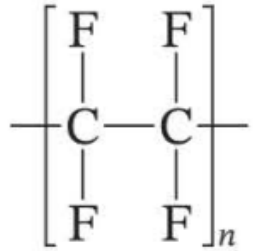
Policarbonato (PC)

Lastre trasparenti, caschi protettivi, componenti auto

$T_g = 140 \div 150^\circ\text{C}$



Polimeri avanzati

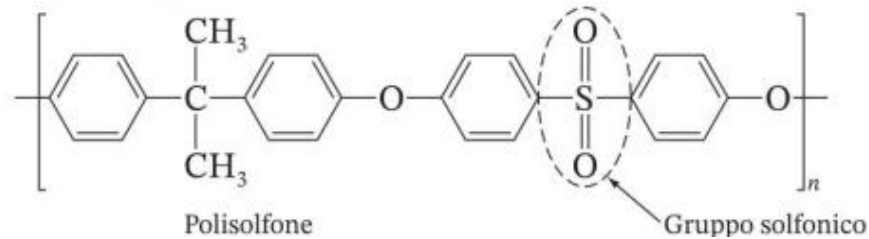


Politetrafluoroetilene (PTFE)

Guarnizioni, componenti elettrici, isolamento elettrico, rivestimenti antiaderenti, film e fibre idrorepellenti

$T_m = 325 \div 330^\circ\text{C}$

$T_g = 120 \div 130^\circ\text{C}$



Polisulfone (PSU)

Applicazioni elettriche-elettroniche, filtri, strumenti medici (bacinelle)

$T_g = 185 \div 190^\circ\text{C}$



Polimeri Termoisolanti

Resine Poliesteri Insature, resine vinilestere

Materiali compositi, pannelli e parti di carrozzeria, scafi per nautica



Resine Epossidiche

Adesivi, vernici, materiali compositi ad alte prestazioni



Resine Fenoliche

componenti elettrici e motoristici, maniglie pomelli, laminati di legno compensato



Polimeri Termoisolanti

Resine Melaminiche

laminati plastici noti con il nome di formica, articoli casalinghi, colle e vernici



Poliuretani

Schiuma flessibile/rigida, isolanti termici, materassi, Adesivi, vernici



Siliconi

Adesivi, lubrificanti, isolanti, sigillanti



Elastomeri

Gomma naturale

Stirene-butadiene SBR

Policloroprene CR

Acrilonitrile-butadiene NBR

Etilene-propilene EPM

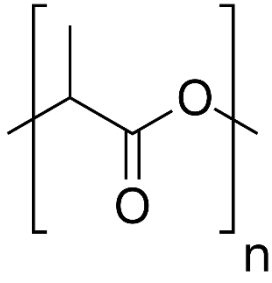
Etilene-propilene-diene EPDM

Isobutilene-isoprene IIR

Polibutadiene PB



Biopolimeri



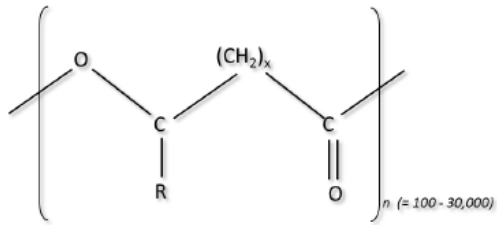
Acido polilattico (PLA)

Fermentazione e distillazione a partire da amido

Imballaggi alimentari, posate e piatti

$T_g = 45 \div 65^\circ\text{C}$

$T_m = 150 \div 160^\circ\text{C}$



Poli-idrossialcanoati (PHA)

Sintetizzate e accumulate da circa 300 differenti specie microbiche
Imballaggi, prodotti a perdere per l'igiene personale, prodotti per uso medico e chirurgico, posateria usa e getta, reti e corde per la pesca industriale

$T_m = 170 \div 180^\circ\text{C}$

$T_g = 12 \div 15^\circ\text{C}$



Distribution of the global plastics use

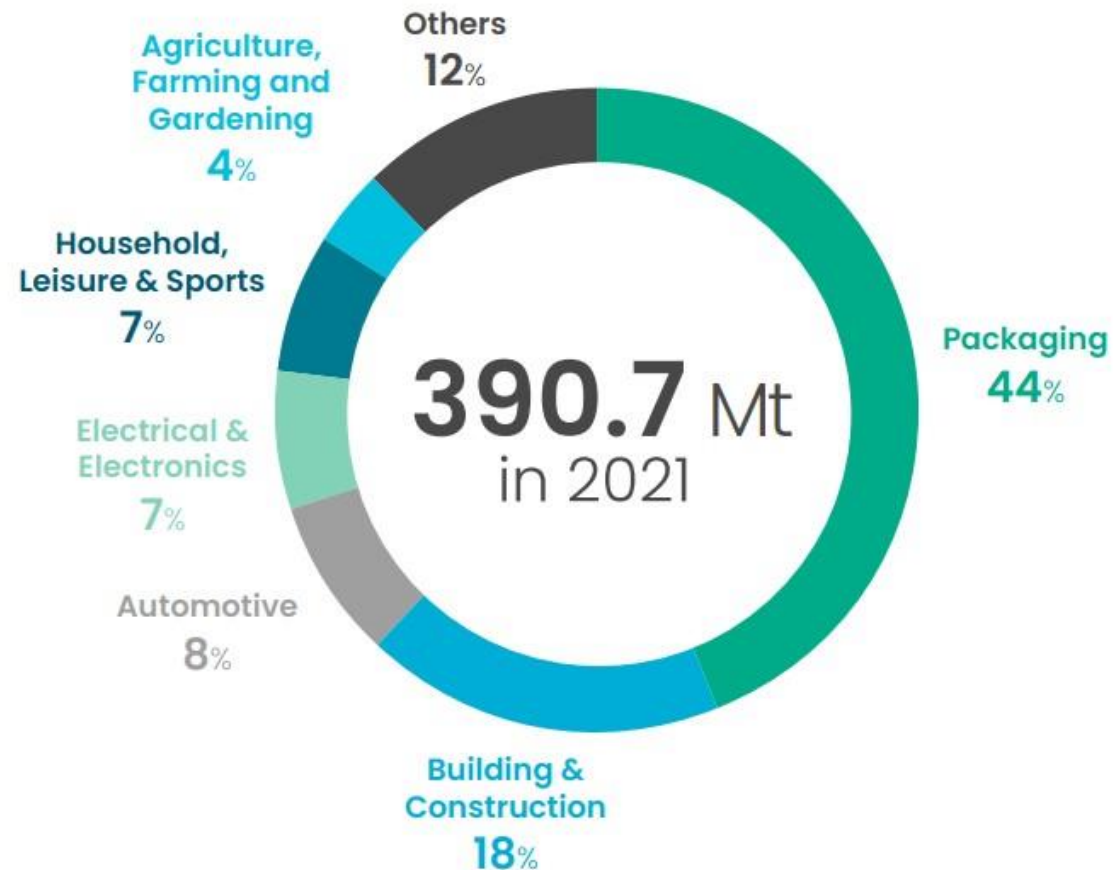


Immagine tratta da PLASTICS - THE FACTS 2022 | OCTOBER 2022 - plasticseurope.org

Distribution of global plastics production

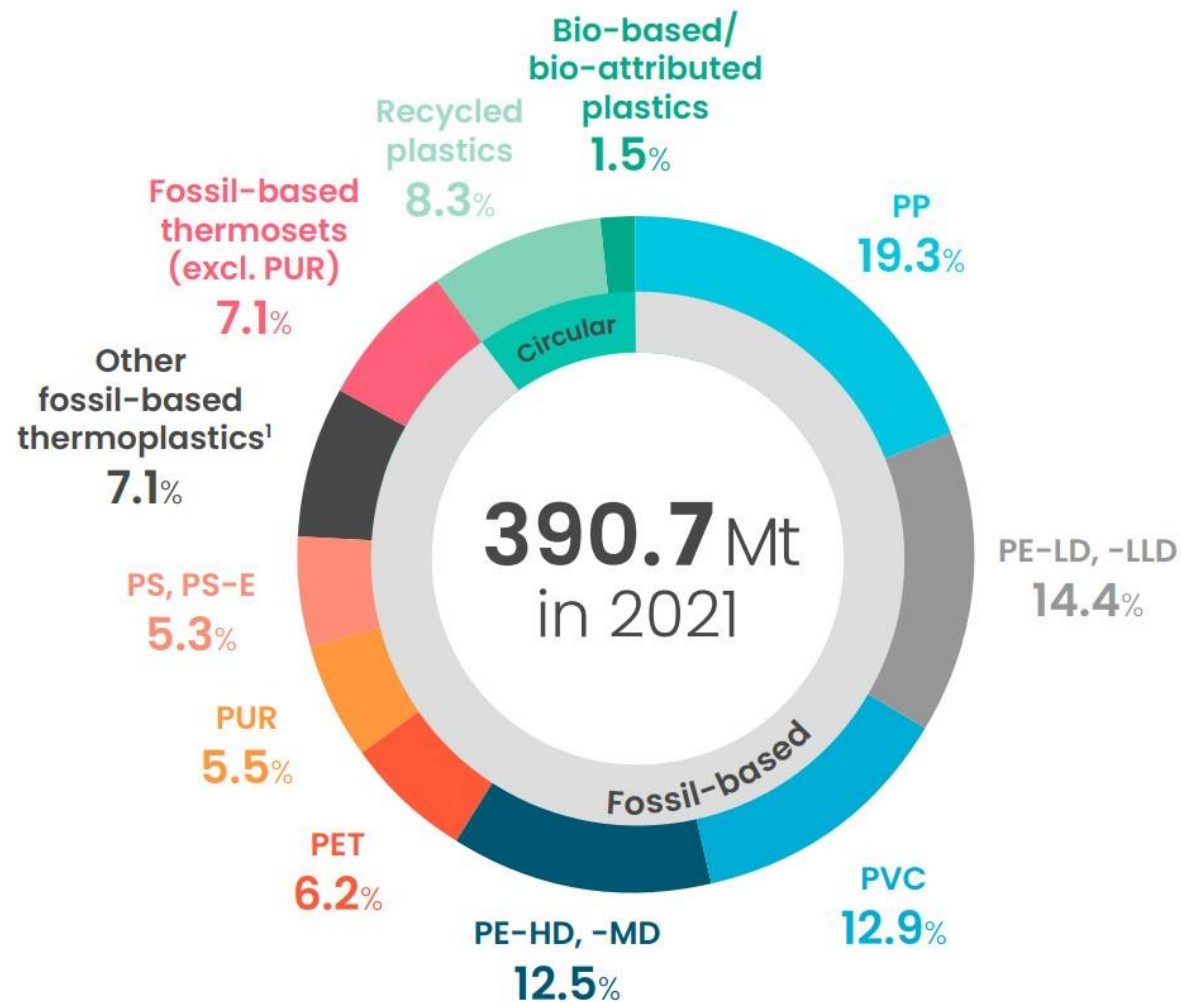


Immagine tratta da PLASTICS - THE FACTS 2022 | OCTOBER 2022 - plasticseurope.org

European plastics converters' demand by application and type

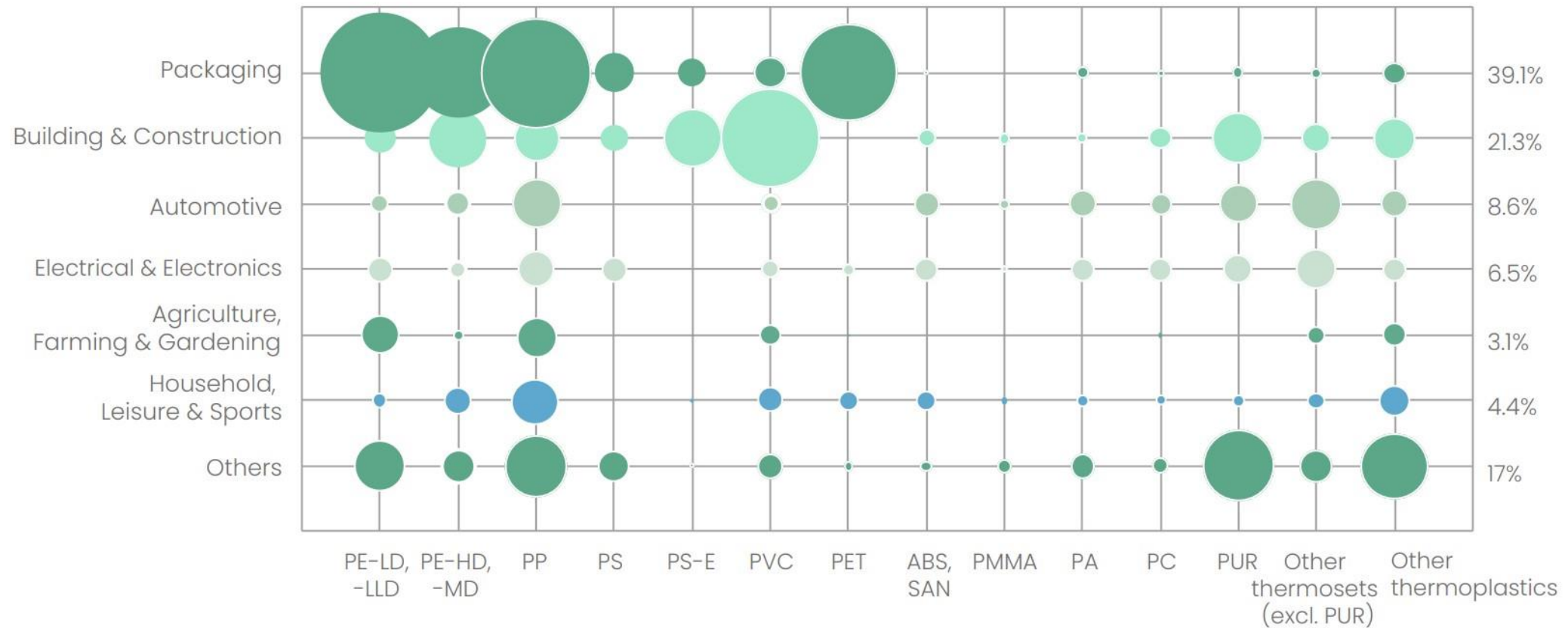


Immagine tratta da PLASTICS - THE FACTS 2022 | OCTOBER 2022 - plasticseurope.org