

***" Economia dell'Energia e dell'Ambiente."***

*a.a. 2019-20*

***Lezione 2 – B1b:***

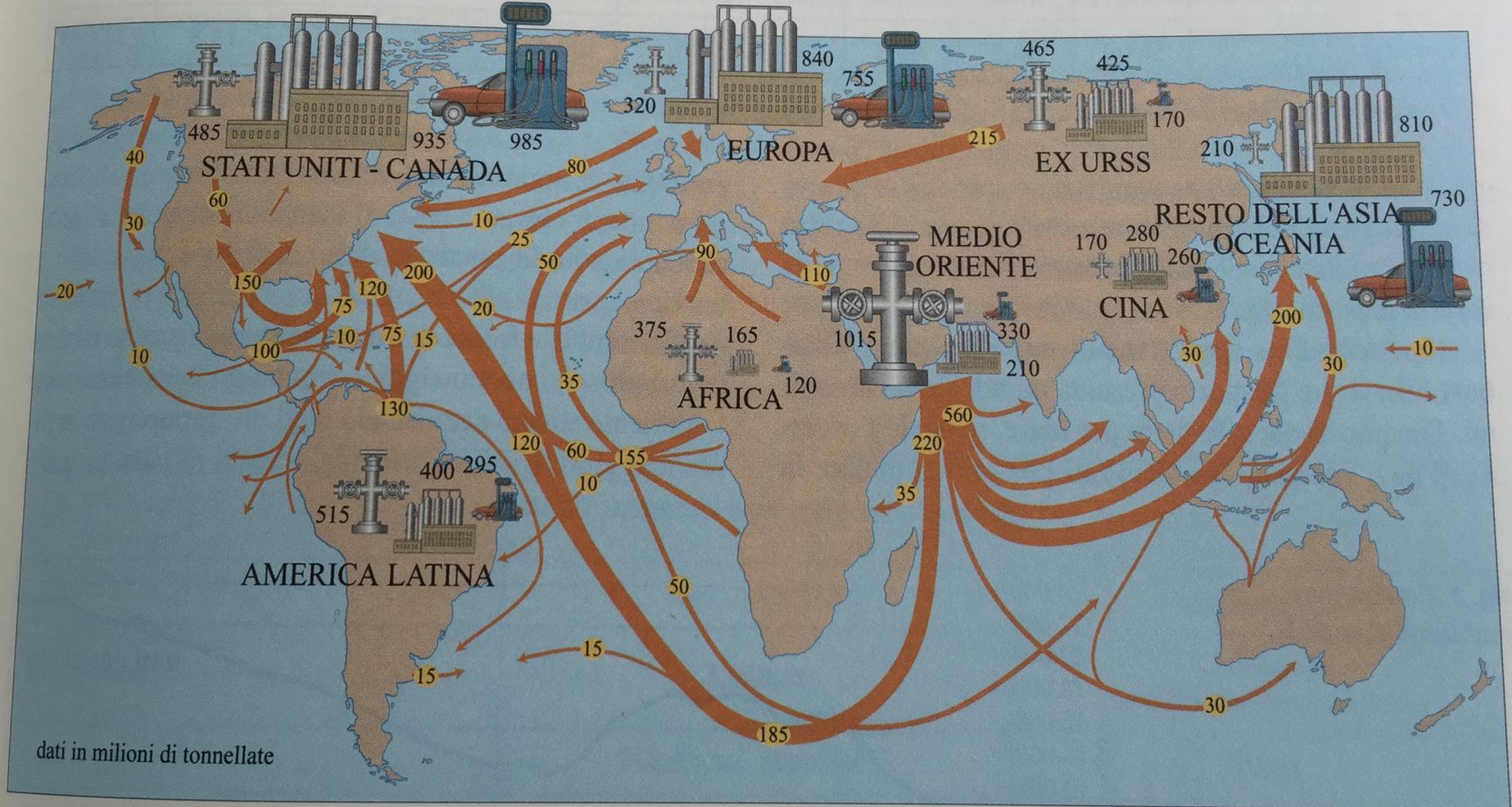
**il Down-Stream dell'Industria del Petrolio**

*Roberto.Fazioli@unife.it*

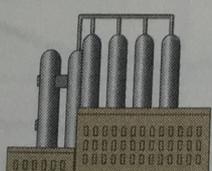
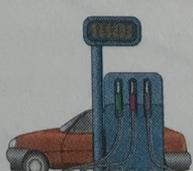
*Dipartimento di Economia e Management,*

*Università di Ferrara*

**La filiera Produzione/Coltivazione → Trasporto → Raffinazione → Consumi**



dati in milioni di tonnellate

 produzione nel 2002 di greggio e GNL
  capacità di raffinazione (al 1° gennaio 2003)
  consumi nel 2002
  flusso di greggio e prodotti petroliferi

# il Down-Stream dell'Industria del Petrolio

Il downstream petrolifero rappresenta la filiera industriale che è composta dalla fase di **trasformazione** del greggio (raffinazione), dalla filiera distributiva della **logistica** (depositi ed oleodotti di distribuzione) e dalla **distribuzione al dettaglio** (punti vendita carburanti).

Un settore al centro di una evoluzione importante alla luce delle sfide ambientali legate alla transizione verso una economia low carbon che non potrà prescindere dal contributo dei combustibili liquidi per garantire la mobilità di merci e persone nei prossimi decenni, in modo sempre più sicuro e sostenibile.

Un'industria che negli anni è migliorata in modo straordinario, sia in termini di contenimento delle emissioni in atmosfera derivanti dall'attività di raffinazione che di qualità dei prodotti raffinati, in particolare dei carburanti, contribuendo così in modo decisivo al miglioramento della qualità dell'aria. Rappresenta un patrimonio industriale del Paese, con 13 raffinerie distribuite sull'intero territorio nazionale (di cui 2 bioraffinerie), una logistica con oltre 100 depositi di capacità superiore a 3.000 mc e 2.700 km di oleodotti, una rete di punti vendita capillarmente diffusi sul territorio con circa 21.000 impianti. Vanta elevati livelli occupazionali: 21.000 occupati diretti con elevata scolarizzazione (il 20% è laureato), oltre ad un indotto di altre 130.000 unità di mano d'opera altamente specializzata. Presta particolare attenzione al tema della sicurezza, con indici di frequenza e gravità degli infortuni molto più bassi di qualsiasi altro settore manifatturiero. Da un punto di vista economico produce 100 miliardi di euro di fatturato annuo, incassa per conto dello Stato 39 miliardi di euro tra accise e IVA e contribuisce alla bilancia commerciale con 13 miliardi di euro di prodotti raffinati. Svolge un ruolo centrale nell'approvvigionamento energetico del Paese soddisfacendo il 92% della domanda di mobilità (merci e persone) e rappresenta un elemento essenziale per l'industria petrolchimica. Da 70 anni, le Aziende aderenti a Unione Petrolifera svolgono con dedizione e competenza questo ruolo nevralgico nello sviluppo dell'economia italiana, assicurando una diffusa qualità della vita. Un ampio patrimonio di competenze professionali e tecnologiche che Unione Petrolifera mette a disposizione di tutti i soggetti interessati, a partire dalle Istituzioni nazionali, regionali e degli Enti locali, per i quali la costante fornitura petrolifera e lo stoccaggio di riserve costituiscono priorità assolute per l'economia e la sicurezza energetica.



## L'output della seconda rivoluzione industriale:

### lo sviluppo dell'industria della raffinazione petrolifera verso i settori della Petrolchimica

L'espansione della Domanda Aggregata sull'onda dell'affermazione della **seconda rivoluzione industriale**, quella **fondata sull'industria Chimica**, ha affermato il modello cosiddetto consumistico: alla crescita demografica si accompagna una impetuosa crescita nella domanda di beni di consumo e sempre nuovi servizi. Il "Capitale Naturale", lo stock di risorse disponibili in Natura per ogni dato periodo è sempre più insufficiente quale input per i processi produttivi necessari al soddisfacimento quantitativo e qualitativo della Domanda della "società di massa". L'evoluzione dei rapporti fra chimica organica e produzione materiale hanno evidenziato più casi rilevanti in cui **il composto sintetico ha progressivamente sostituito quello naturale**. Le molecole sintetiche erano indistinguibili da quelle di origine naturale e le hanno storicamente soppiantate nell'insieme degli input dell'industria mondiale "consumistica" e di massa.

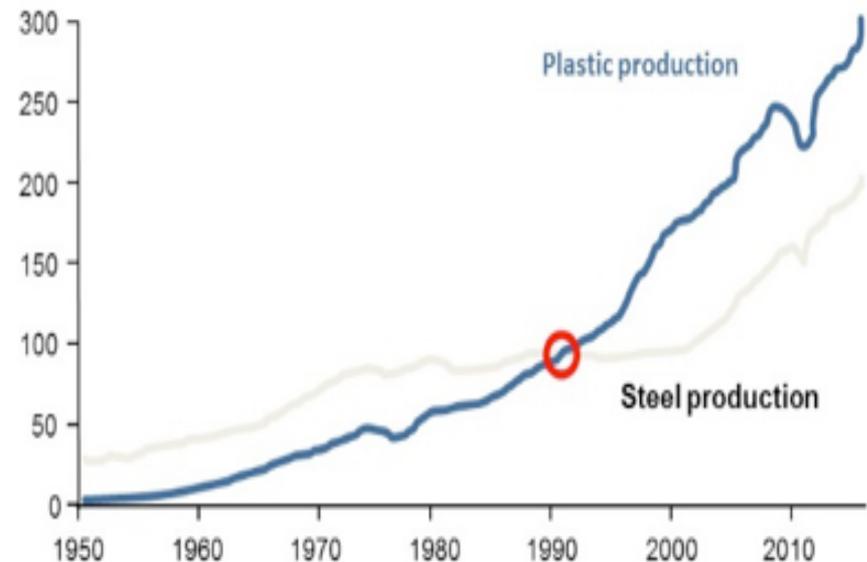
L'onda di marea di **nuove sostanze plastiche, l'affermazione della chimica macromolecolare fra il 1922 e il 1932 affermò la Grande Industria Petrolchimica**. La progressiva riduzione dei tempi di polimerizzazione fu un altro grande passo verso l'affermazione di materiali plastici derivati dal petrolio: se per la gomma metile erano necessari nella prima decade del '900 da 3 a 5 mesi per la polimerizzazione al 97% di una carica; nel primo dopoguerra l'impiego del butadiene e del sodio come catalizzatore fece scendere i tempi a due settimane. Il passo decisivo avvenne nel 1927 quando alla Bayer (allora "inclusa" nell'IG Farben) venne messa a punto la nuova tecnologia della polimerizzazione in emulsione; durante la seconda guerra mondiale la reazione richiedeva solo più 30 ore negli impianti tedeschi di Schkopau, e appena 14 negli Stati Uniti. Il passo per la produzione industriale di PVC, polietilene e polipropilene era ormai breve: la commercializzazione iniziata nel 1933 poteva avviarsi anche per l'intensa ricerca condotta dalla IG Farben sui plastificanti del PVC, che lo trasformavano in un materiale adatto agli usi più svariati.

Le vicende dell'industria petrolifera e di quella chimica rimasero a lungo separate. Fino ai primi anni del nostro secolo le raffinerie di petrolio avevano il compito esclusivo di distillare il greggio per separare le varie frazioni di idrocarburi e commercializzarle per i diversi usi. Questi usi non avevano affatto domande bilanciate: fra il 1890 e il 1900 vi fu penuria della frazione a 10-15 atomi di carbonio (cherosene) ed eccesso di quella a 6-10 atomi di carbonio (benzina). Il cherosene era richiestissimo per le lampade a petrolio, mentre la benzina era ritenuta troppo pericolosa per la sua infiammabilità ed era in genere scaricata nei fiumi. Con l'"avvento" dell'automobile e la diffusione dell'illuminazione elettrica la situazione mutò radicalmente, e ritornò d'attualità una proposta fatta molti anni prima: spezzare termicamente le catene degli idrocarburi più pesanti per ottenere frazioni più leggere, a catena più corta. Il primo processo di cracking termico che diede risultati commerciali (e quali risultati!) fu realizzato negli Stati Uniti. Negli anni '20 diverse compagnie petrolifere incominciarono a interessarsi delle potenzialità che la catalisi offriva al processo di cracking. Il cracking termico invece ha permesso una svolta radicale nei rifornimenti di materie prime all'industria chimica, e ha dato un impulso violento alla produzione di materie plastiche.



#### INJECTION MOLDING TECHNOLOGY

#### PLASTICA – DIMENSIONI DEL MERCATO ECONOMICO



#### PREVISIONI:

- NEL 2025 LA PRODUZIONE DI PLASTICA CRESCERÀ DI 300 MILIONI DI TONNELLATE L'ANNO
- LA DOMANDA CRESCERÀ DEL 54%



## Raffinazione del petrolio

Al momento dell'estrazione il petrolio è detto **petrolio grezzo**. E' composto da un miscuglio di idrocarburi, molto diversi per composizione chimica, e da impurità. Per essere utilizzato per fini energetici deve essere accuratamente lavorato e distillato. Nella filiera del petrolio questa fase è detta di "**raffinazione**". La raffinazione del petrolio è un processo tecnologico in grado di trasformare il greggio in prodotti finali (carburanti, solventi, bitumi, lubrificanti) o in prodotti intermedi per l'industria petrolchimica (es. olefine, idrocarburi aromatici). Il processo si svolge in specifici stabilimenti industriali dette "raffinerie". La tecnologia ed i costi economici del processo di lavorazione del grezzo sono maggiori quanto più è bassa la qualità del petrolio grezzo. Un petrolio grezzo di scarsa qualità, oltre ad avere minori applicazioni tecniche, è caratterizzato da maggiori costi di lavorazione. In particolar modo, è importante analizzare la quantità di zolfo, di sali e di acqua presente nel petrolio grezzo.

### Operazioni di preparazione del grezzo

Prima della distillazione il petrolio grezzo viene purificato eliminando l'acqua, i sali, i solidi in sospensione ed i gas disciolti, tramite le operazioni di decantazione, di desalificazione e di stabilizzazione.

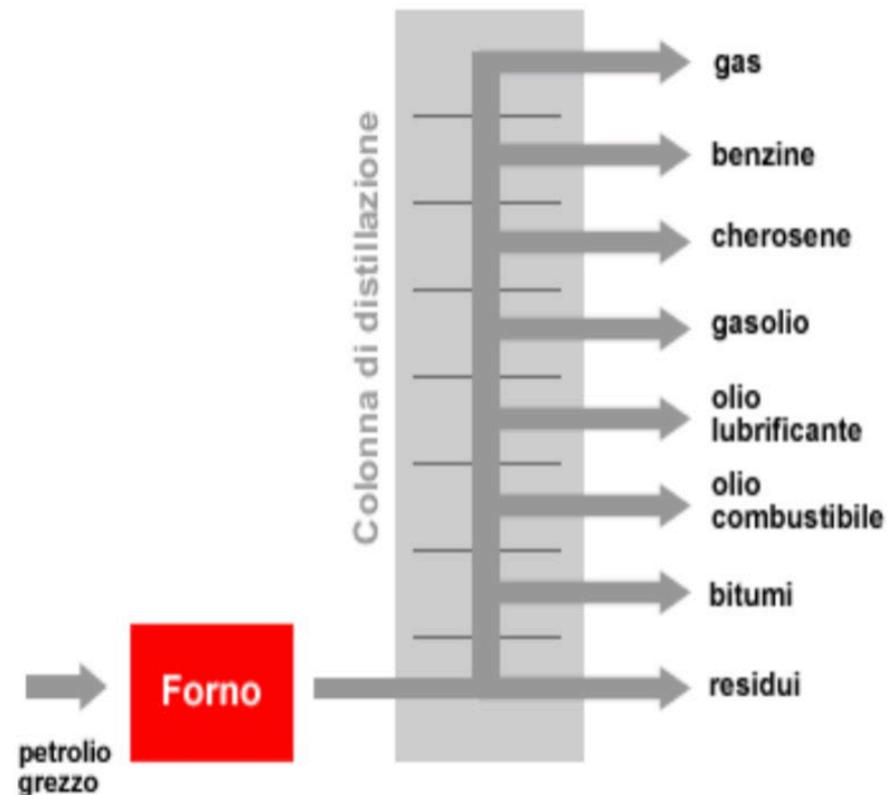
### Distillazione frazionata

Il petrolio grezzo viene riscaldato in una fornace ad alta temperatura fino ad essere portato al punto di ebollizione. Questa fase di lavorazione del petrolio è detta "**distillazione frazionata**" (in inglese "topping"). Tramite la distillazione frazionata si estraggono dal greggio i principali "**tagli**" (o frazioni) gassosi, liquidi o semisolidi sfruttando il diverso intervallo delle temperature di distillazione. Ad esempio, la benzina ha un punto di ebollizione finale intorno a 200°C. Il gasolio, invece, ha un intervallo di ebollizione a 350° C. Tra questi estremi si colloca il cherosene con un punto di ebollizione compreso fra 175 e 275 °C. Oltre ai diversi carburanti la distillazione frazionata permette di recuperare gas e oli residui, dai quali si ottengono rispettivamente il gas GPL ed i bitumi.

### Torre di frazionamento

La distillazione frazionata ha luogo in una **torre di frazionamento** composta da colonna di distillazione contenente un numero di piatti, posti a diverse altezze in base a distinti punti di ebollizione, da cui fuoriescono i tagli petroliferi. Sui piatti in cima alla colonna si depositano gli idrocarburi più leggeri (gas), sui piatti inferiori gli idrocarburi più pesanti. Sul fondo si raccolgono i residui della distillazione. Ogni piatto ha dei fori che consentono il passaggio delle frazioni da un piatto all'altro. I tagli ottenuti dal processo di distillazione frazionata sono successivamente avviati verso specifiche filiere di lavorazione e raffinazione (es. reforming, cracking, ecc.) per ulteriori lavorazioni. Il prodotto intermedio viene lavorato (raffinato) nelle relative filiere a valle, fino all'ottenimento del prodotto finale (es. benzina, GPL, olefine, paraffine, cherosene, gasolio, olio combustibile, lubrificanti, cere, bitumi e coke).

## Torre di frazionamento



# Raffinazione.

Dal petrolio si possono ottenere molti prodotti, da alcuni dei più diffusi **combustibili** (la benzina, il gasolio e altre

sostanze dette derivati del petrolio) a molte delle **materie plastiche** utilizzate dall'uomo.

Gli idrocarburi semplici di cui è composto il petrolio sono, infatti, la materia prima essenziale per produrre materie plastiche che danno una risposta alle molteplici esigenze di materiali plastici con caratteristiche specifiche: resistenza, plasticità, durezza, elasticità, biodegradabilità, indeformabilità, aderenza, impermeabilità, malleabilità, ecc.

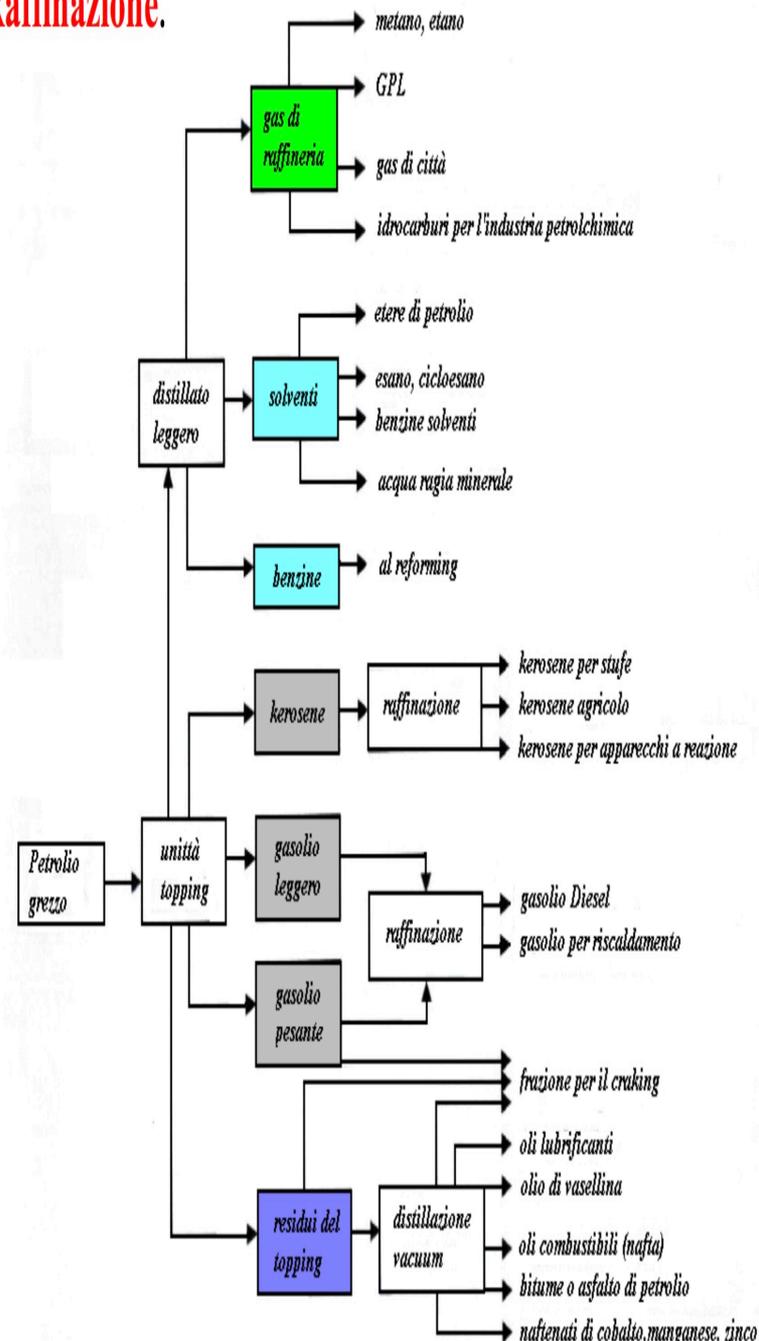
I quattro idrocarburi più usati sono l'etilene, il propilene, il butadiene e il benzene. La loro molecola li rende particolarmente adatti a ricomporsi in lunghe catene organizzate. La complessità delle sostanze petrolchimiche viene ricostruita con numerosi passaggi e diversi percorsi produttivi attraverso i quali si giunge a un'infinita varietà di prodotti.

- **etilene** è la sostanza di partenza più utilizzata al mondo (5 milioni di tonnellate all'anno). Da solo viene usato per far maturare la frutta più rapidamente e per produrre detersivi con poca schiuma.
- **polietilene** (PE - mediante polimerizzazione), presente in numerosi imballaggi, oggetti stampati e rivestimenti. Combinando l'etilene con acqua si ottiene l'**alcol etilico**, un solvente per profumi, cosmetici, pitture, saponi, coloranti, fibre tessili e materie plastiche.
- **polistirolo** (PS - Combinandolo con il benzene), usato come isolante in edilizia, nonché materia prima per imballaggi delicati e giocattoli.
- **polivinilcloruro** (PVC - Combinandolo con il cloro), anch'esso molto utilizzato nel settore edile e per realizzare tessuti impermeabili.
- **Propilene** - è il punto di partenza per numerose sostanze chimiche, tra cui l'isoprene, la glicerina e l'acetone. Combinando tra loro più molecole di propilene si ottiene il **polipropilene**(PP), ideale per imballaggi e altri manufatti resistenti.
- **butadiene** viene usato soprattutto nella preparazione di gomme solvente.

**benzene**, dal quale si ricavano importanti prodotti intermedi come il fenolo, l'anilina, lo stirene e il clorobenzene, utilizzati per coloranti, fibre, resine, materie plastiche, gomme sintetiche, prodotti farmaceutici, insetticidi, detersivi, fibre tessili., sintetiche, succedanei del cuoio, ecc.....

I derivati del petrolio sono poi utilizzati come combustibili nelle centrali termoelettriche per la produzione di energia elettrica e in impianti di riscaldamento domestico e di produzione di acqua calda. In sintesi:

- **gasolio** con 14-20 atomi di carbonio, condensa a 250-350 gradi centigradi. E' un liquido denso, utilizzato come combustibile per motori diesel e per il riscaldamento domestico.
- **kerosene** con 10-15 atomi di carbonio, condensa a 160-250 gradi centigradi. E' un combustibile oleoso usato come propellente per aerei a reazione e impianti di riscaldamento.
- **nafta** con 8-12 atomi di carbonio condensa a 70-160 gradi centigradi. E' una sostanza liquida gialla usata come combustibile e trasformata per produrre materie plastiche, farmaci, pesticidi, fertilizzanti. E' anche un solvente per la preparazione della gomma.
- **benzine** con 5-10 atomi di carbonio, condensano a 20-70 gradi centigradi. Sono usate come carburante per automobili ed aerei, ma anche nella produzione di materie plastiche e detersivi. Gas, a 20 gradi centigradi, rimangono gassosi metano, etano, propano e butano. La maggior parte di essi viene usata per scopi energetici e per produrre sostanze petrolchimiche e materie plastiche. In particolare, butano e propano formano il combustibile denominato GPL.



# Produzione chimica in Italia per settore

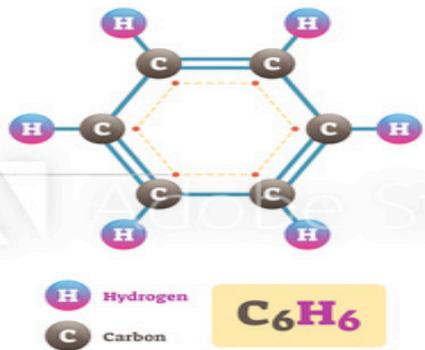
(quote % in valore)



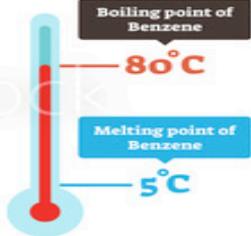
# BENZENE



Hydrocarbon  
+  
Conjugated Electrons  
+  
Aromaticity  
=  
Aromatic Hydrocarbon



Benzene is a Natural Constituent of Crude Oil



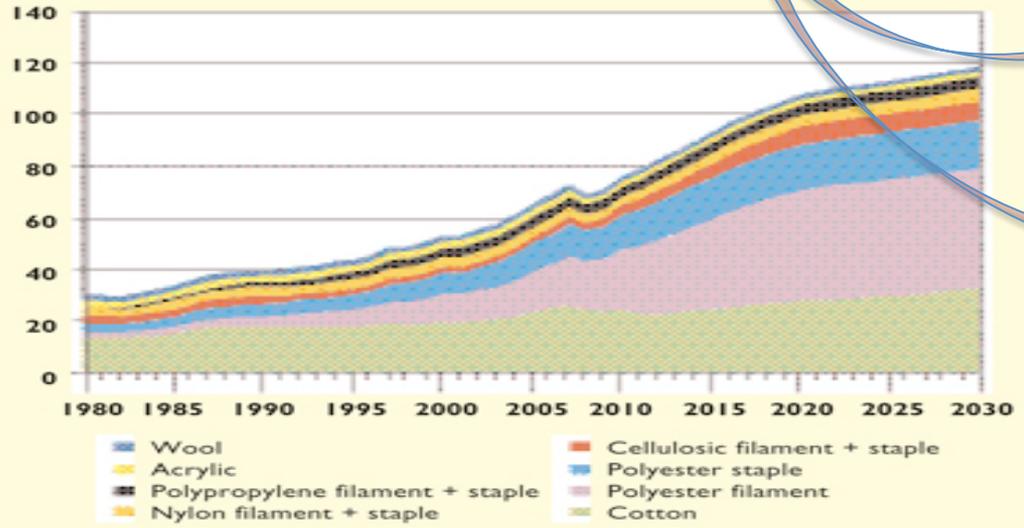
## USES

- Gasoline
- Polymers and Plastics
- Drugs
- Explosives
- Nylon Fibers**
- Rubber

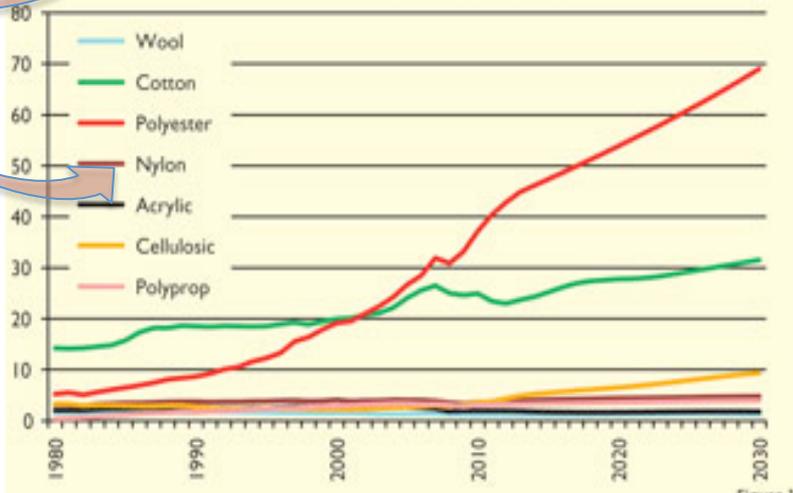


■ Polyester ■ Nylon ■ Acrylic ■ Others

## World Textile Mill Consumption: All Fibers (million metric tons)



## Total Fiber Demand (million tons)

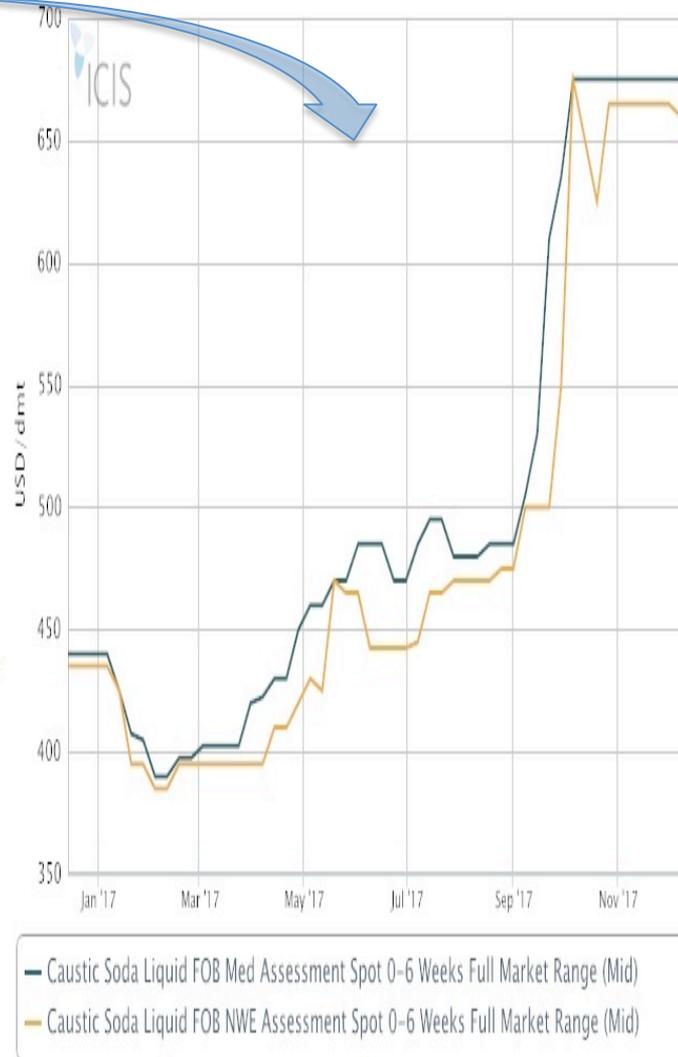


Source: PCI Fibres Red Book 2012

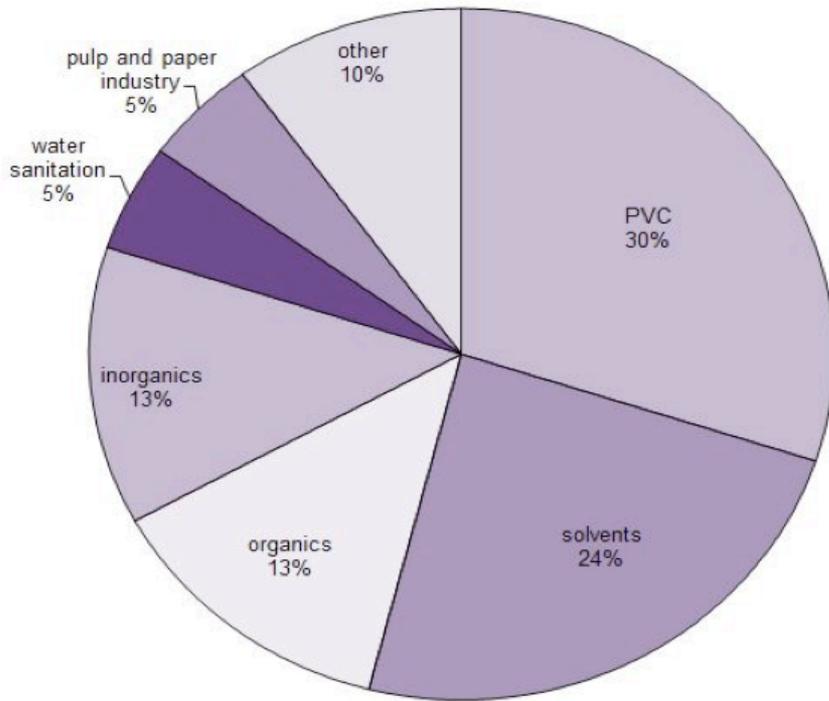
Figure 1

# L'albero del cloro

Cloro e ...



Fonte: Federchimica; anno 2018



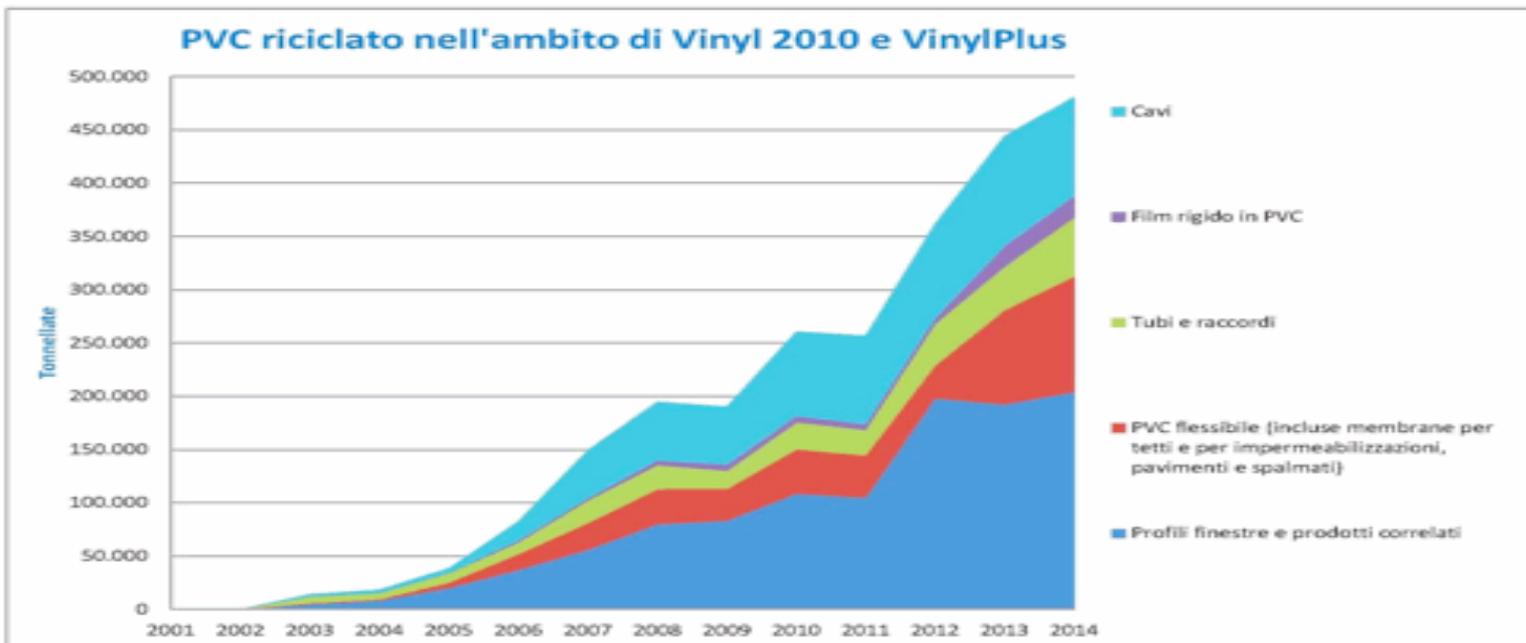
Ogni anno si producono 65 milioni di ton di cloro

### Annual production of chlorine

World 65 million tonnes: U.S. 11 million tonnes, Europe 10 million tonne

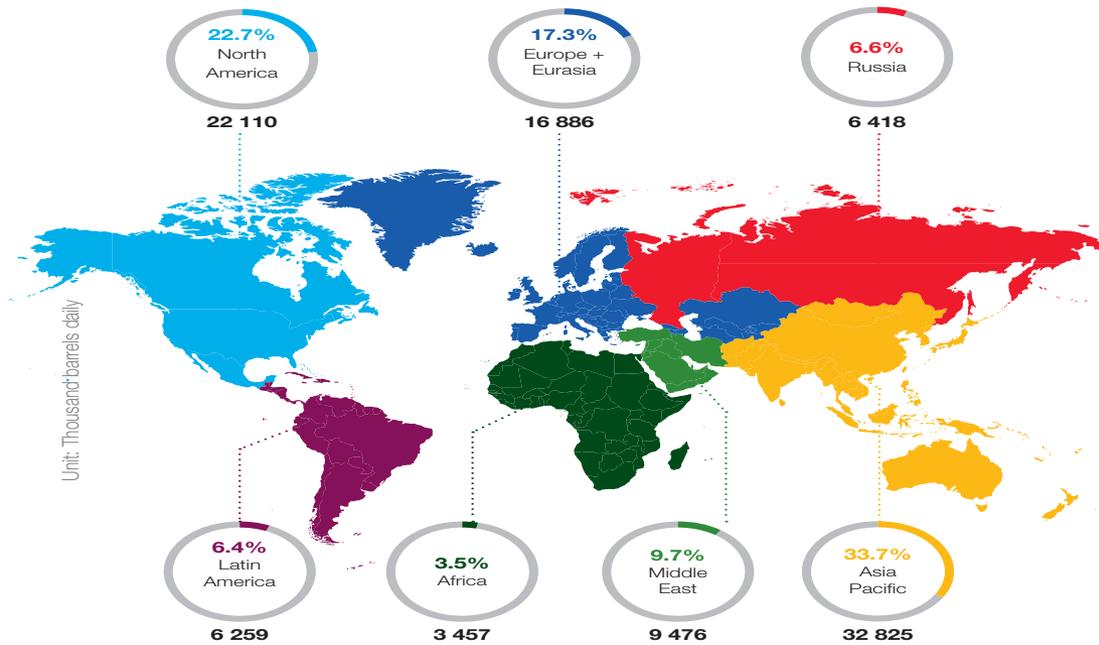
Il PVC è un importante derivato della filiera del Cloro. Si usano 20 Mton di ton di cloro per fare il PVC ogni anno e dato che la formula PVC è  $(CH_2-CHCl)_n$  e il Cl rappresenta dunque il 56,8% in peso il totale produzione mondiale di PVC si aggira sui 37-40 Mton (dal 10 al )20% di tutta la plastica è PVC

Il PVC e il PET hanno una diversa percentuale di riciclo: al PET è riconosciuto il 70%. Anche il PVC è riciclabile. La prospettiva di riciclo del PVC di Vyniplus (iniziativa europea) al 2020 è 800.000 ton su circa 5 milioni di ton di PVC europeo ossia il 16% circa. Quel poco che viene raccolto potrebbe essere riciclato. Al momento il riciclo di massa del PVC è certamente molto più complesso di quello di altri polimeri anche se la sua vita media è molto alta, attorno al valore che ho usato nell'esempio, circa 30 anni



# FIG.30 GLOBAL REFINING CAPACITY AS OF 2016

Source: BP Statistical Review of World Energy 2017

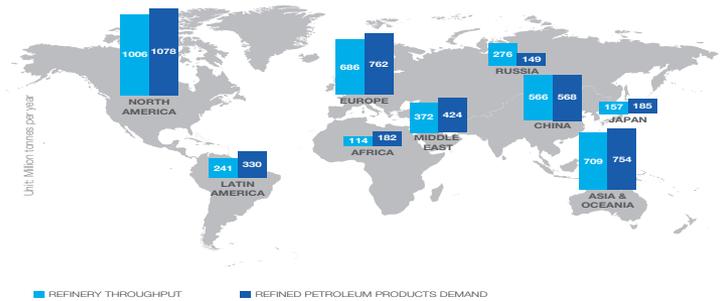


Refining is spread around the world and is a truly global business. The share of Europe and Eurasia (Russia excluded) has

decreased from 17.7% in 2015 to 17.3% in 2016 but remains the third largest refining region.

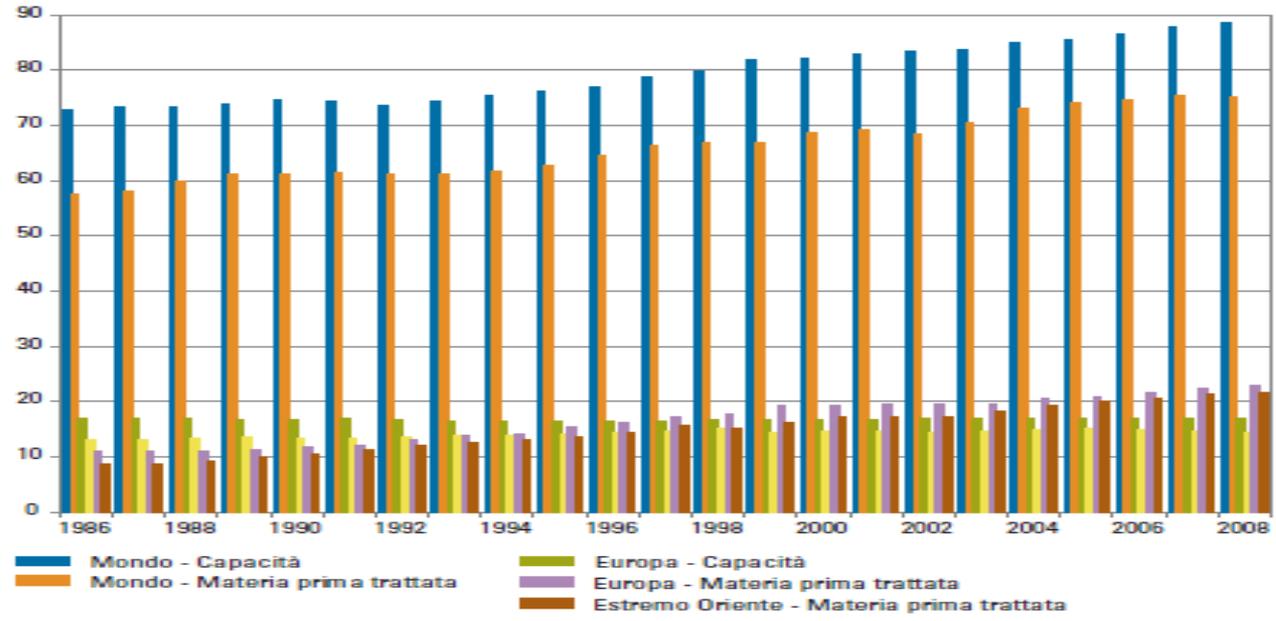
# FIG.5 WORLDWIDE REFINING SUPPLY/MARKET DEMAND BALANCES IN 2017

Source: Wood Mackenzie



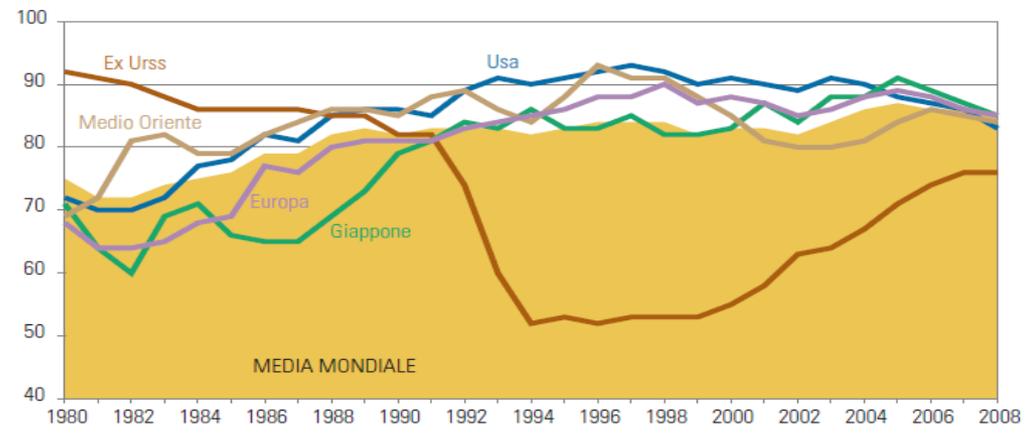
The refining supply/market demand balance shows that most of the regions are dependent on imports to meet market demand. Russia has a positive trade balance, which provides it with a key role in supplying the demand from other regions. Relatively balanced product demand and refinery throughput in the EU hides a large surplus of EU gasoline production and a significant shortage of diesel and jet production.

# EVOLUZIONE DELLA CAPACITÀ DI RAFFINAZIONE (Milioni di barili/giorno)



Fonte: BP Statistical Review

## UTILIZZO DELLA CAPACITÀ DI RAFFINAZIONE

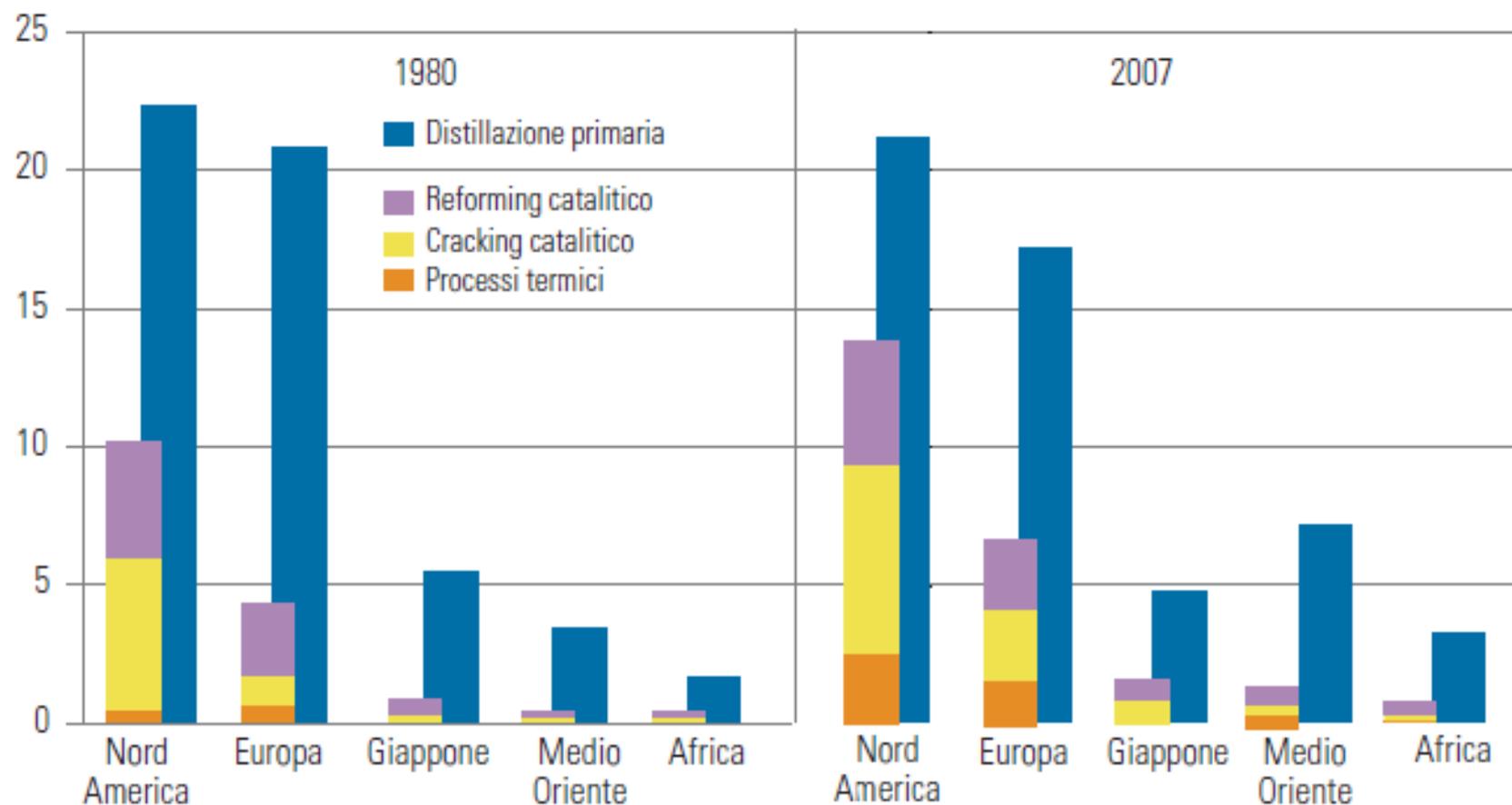


Fonte: BP Statistical Review

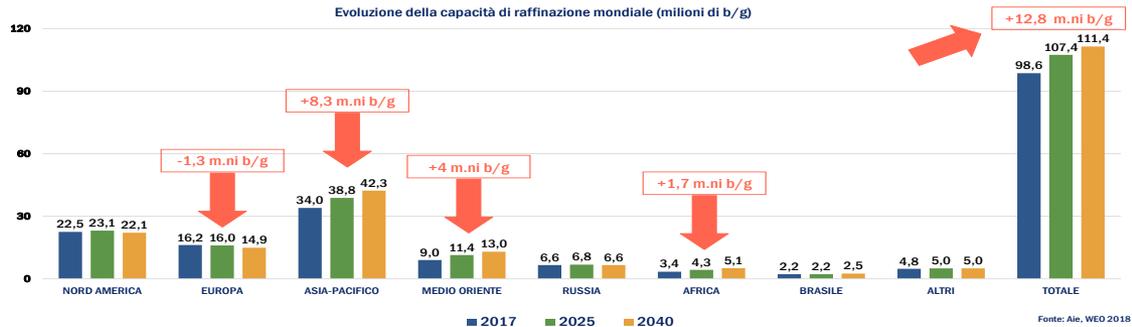
# CAPACITÀ DI RAFFINAZIONE PER TIPO DI OPERAZIONE

(Milioni di barili/giorno)

47



Fonte: Arthur Andersen /Cambridge Energy Research Associates (per il 1980); Us Doe (per il 2007)

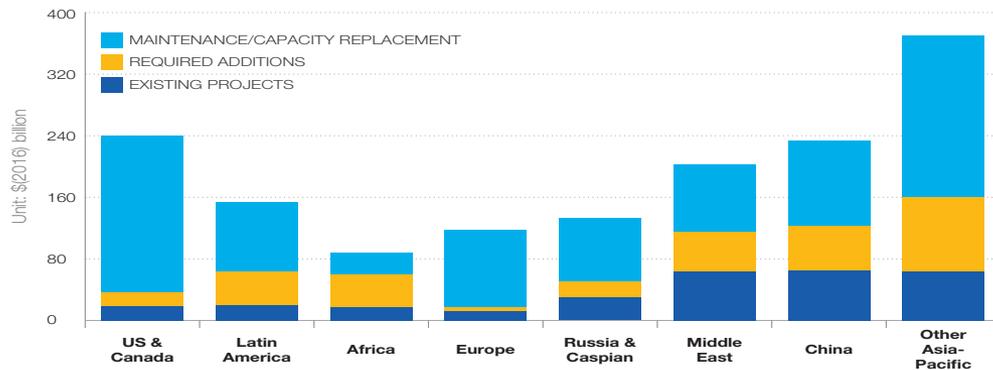


- Al 2040 la capacità di raffinazione dovrebbe toccare i 111,4 milioni b/g (+13%), 13 milioni di b/g in più rispetto ad oggi.
- L'incremento al lordo delle chiusure al 2040 è stimato pari a 17 milioni b/g.
- Il 50% di questa capacità sarà concentrata principalmente nelle aree dell'Asia Pacifico e del Medio Oriente, che diventa il 60% se si considerano Russia e Africa.
- L'Europa dovrebbe scendere ad una quota del 13%, mentre gli Stati Uniti del 20%.
- Lo sviluppo della raffinazione asiatica aumenterà la pressione competitiva sulla raffinazione europea, già interessata da una riduzione della domanda interna.

## REFINERY INVESTMENTS IN REFERENCE CASE

2017 - 2040

Source: OPEC World Oil Outlook 2017

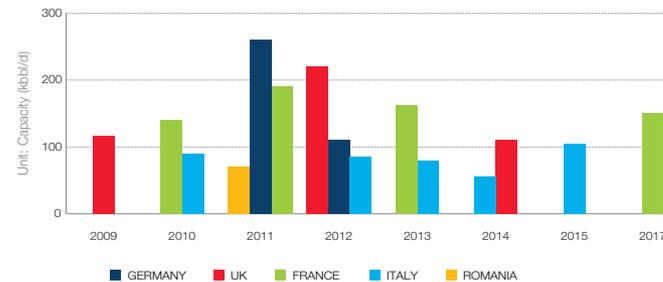


All three categories of refinery investment requirements are estimated at over \$1.5 trillion in the period 2017-2040. The majority, around \$900 billion will be dedicated to

maintenance, \$265 billion to investments in known project and the remaining \$385 billion to additions beyond firm projects.

## FIG.35 REFINERY CLOSURES IN EUROPE

Source: Platts and Concawe



Threshold >50 kbbbl/d or 2.5Mt/a

Since 2009, out of close to 100 refineries operating in Europe, 16 mainstream refineries were closed.