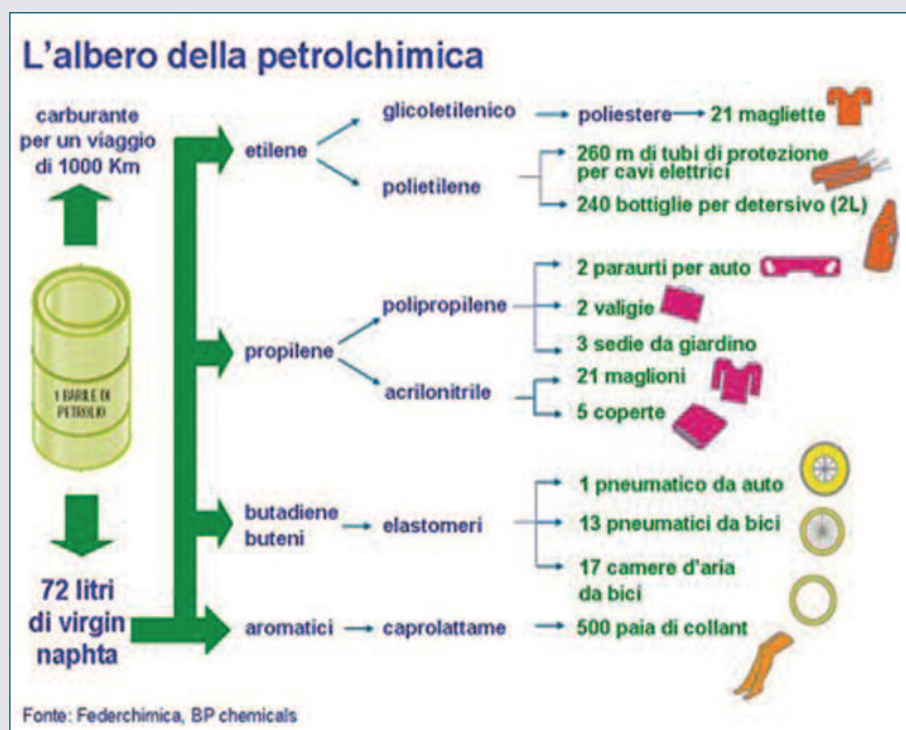


Ferruccio Trifirò



PASSATO, PRESENTE E FUTURO DELLA PETROLCHIMICA

Nell'articolo si descrivono le vie per produrre i prodotti chimici di base a partire dal petrolio e si analizza lo stato della petrolchimica in Italia, indicando quali sono le aziende attive nella chimica di base, nella sintesi dei primi intermedi e nella loro trasformazione a polimeri. Sono state inoltre prospettate le strategie future per produrre le materie prime di base a partire da combustibili fossili diversi e da sostanze naturali.

La petrolchimica si è sviluppata negli anni Venti negli Stati Uniti e negli anni Cinquanta in Europa ed in Italia, sfruttando le frazioni di petrolio che non venivano utilizzate, come carburanti, lubrificanti, combustibili e bitumi, e permettendo di produrre materie prime a basso costo e largamente disponibili, così come era successo più di cento anni prima con la carbochimica, che utilizzava scarti di altre attività industriali. Il petrolio ha introdotto sul mercato prodotti a basso costo, soprattutto olefine, diolefine leggere e benzene e suoi derivati metilici [1, 2]. Le olefine e le diolefine hanno permesso di ottenere con nuovi processi quei prodotti che prima venivano sintetizzati a partire dall'acetilene, o dalla fermentazione di sostanze zuccherine ed amidi ed anche nuovi prodotti, come il polietilene, il polipropilene, i copolimeri etilene-propilene e l'ossido di propilene. Gli aromatici, inve-

ce, hanno semplicemente sostituito negli impianti gli omologhi provenienti dalla distillazione del carbone, anche se la maggiore quantità prodotta, la più facile disponibilità e la loro maggiore purezza ne hanno aumentato le applicazioni. In Italia sono sorti diversi stabilimenti che utilizzavano derivati dal petrolio, e poi chiamati poli petrolchimici, vicino ad una raffineria, creati sia dalle tradizionali aziende chimiche italiane sia da nuove nate, proprio sfruttando le nuove tecnologie petrolchimiche per entrare sul mercato della chimica. Nel nostro Paese si sono sviluppate quasi tutte le linee di intermedi e di prodotti petrolchimici, salvo poche eccezioni. Attualmente in Italia la petrolchimica è stata ridimensionata soprattutto a partire dalla fine degli anni Novanta, ma, comunque, è tuttora presente nel nostro Paese con una percentuale di fatturato e di addetti significativa. Prendendo solo la chimica di base organica, le pla-

stiche e la produzione di fibre la percentuale di addetti è del 23,8% del totale della chimica, e questo è solo una frazione della petrolchimica, e si producono 8 milioni di t/anno di prodotti.

Come petrolchimica s'intende, in genere, non solo la chimica derivata dal petrolio, ma anche quella dal gas naturale e di composti inorganici, le cui trasformazioni si integrano con gli intermedi prodotti dal petrolio. Non viene invece considerata come petrolchimica la sintesi dei carburanti e dei lubrificanti, anche se le raffinerie sono parte integrante dei poli petrolchimici. Infine, di solito viene chiamata petrolchimica la chimica che porta solo a plastiche, gomme e fibre, anche se questo come vedremo è molto riduttivo.

In questa nota, tuttavia, la chimica del C1 (a partire dal metano) e la produzione di specialità non saranno trattate, solo per semplicità.

La petrolchimica

La petrolchimica sfrutta le frazioni di petrolio che provengono dalle raffinerie trasformandole prima nei "building blocks" o prodotti chimici di base, poi in intermedi ed infine in prodotti finiti, in gran parte fibre, plastiche, gomme o loro additivi, ma anche vernici, detergenti, coloranti, fertilizzanti, solventi, ausiliari ed additivi per la chimica delle specialità. Il 40% del fatturato delle industrie chimiche europee proviene dalla petrolchimica e dai suoi derivati. Le materie prime di base della petrolchimica vengono ottenute con le seguenti reazioni [1-4], su frazioni diverse provenienti dalla raffineria: steam cracking, reforming, fluid catalytic cracking, deidrogenazione, gassificazione.

Lo *steam cracking* (pirolisi a 800 °C in presenza di vapore) utilizza come materie prime, singolarmente o in miscela, gas (C2-C4) e frazioni liquide, come la nafta pesante (idrocarburi C6-C11) e gasolio atmosferico (C13-C18), per ottenere etilene, propilene, la frazione C4 (buteni, butano, isobutene, butadiene) e la cosiddetta benzina di pirolisi (una miscela di frazioni C5-C8 di paraffine, cicloparaffine ed aromatici), oltre ad idrogeno, metano, etano ed acetilene. Il butadiene viene ottenuto

dalla frazione C4 in altri impianti per separazione dai buteni presenti. Negli Stati Uniti si utilizza per il 70% il gas come carica dello steam cracking, in Europa e nel Far East per il 75% nafta pesante, mentre in Medio Oriente utilizzano in gran parte il gas emesso dai pozzi di petrolio, in alternativa alla loro combustione in torcia, ottenendo così materie prime a basso prezzo.

Il *reforming* è l'aromatizzazione della benzina di pirolisi con catalizzatori a base di Pt ed allumina acida (questi sono stati i primi catalizzatori polifunzionali industriali) per ottenere benzene, toluene e xileni ed in piccola parte etilbenzene, ciclopentano e ciclopentadiene. Nel *reforming* avvengono reazioni di idro-deidrogenazione e di isomerizzazione scheletrale che poi portano ad aromatici. È anche realizzato il *reforming* di frazioni C8-C9 provenienti direttamente dalla raffineria per ottenere, oltre agli aromatici C8, quelli C9 (mesitilene e pseudo cumene).

Il *fluid catalytic cracking* viene invece realizzato all'interno della raffineria con l'obiettivo di ottenere benzina dal gasolio ottenuto dalla distillazione sotto vuoto (C20-C50), producendo come sottoprodotto anche propilene, che va in chimica, e frazioni pesanti aromatiche, che vengono trasformate dopo trattamento ad alta temperatura in difetto di ossigeno in nerofumo, utilizzato come additivo dei pneumatici e come pigmento.

Le reazioni di *deidrogenazione* per ottenere olefine lineari sono realizzate sulle paraffine C10-C16 che provengono direttamente dalla raffineria dopo separazione da quelle ramificate con zeoliti e sul *n*-butano e *n*-buteni per ottenere butadiene, quando non è sufficiente quello che proviene dallo steam cracking.

La *gassificazione* è utilizzata per trasformare frazioni pesanti, come il residuo del visbreaking, gli asfalti ed il petcoke, in gas di sintesi e quindi di realizzare tutta la chimica che parte dal metano come materia prima. Altri "mattoni" che utilizzano direttamente come materie prime frazioni del petrolio sono attualmente anche lo zolfo ottenuto in raffineria trasformando con la reazione di Claus ($\text{H}_2\text{S} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$) H_2S , coprodotto nei processi di purificazione per idrotrattamento dei carburanti dei lubrificanti e dei combustibili ed il *n*-butano, presente nel GPL, utilizzato come materia prima per ottenere direttamente anidride maleica o acido acetico per reazioni di ossidazione. A partire da questi primi "mattoni" la petrolchimica si concretizza nelle loro filiere, che portano ai diversi prodotti che vanno poi nell'industria manifatturiera; queste ramificazioni delle diverse filiere a partire dal petrolio, sono ben rappresentate dall'albero del petrolio.

La petrolchimica in Italia

La petrolchimica si è sviluppata in Italia alla fine degli anni Cinquanta con la costruzione da parte di alcune aziende impianti di steam cracking (Fig. 1) collocati vicino a delle raffinerie in diverse province italiane con relativi impianti di trasformazione a valle delle materie prime di base nello stesso sito [5, 6]. Per dare un'indicazione della potenzialità e della localizzazione della petrolchimica è stata riportata in Tab. 1 la produzione di etilene da steam cracking nel corso degli anni nel nostro Paese. Negli anni Sessanta-Settanta si era arrivati fino a 9 impianti di





Tab. 1 - Produzione di etilene da steam cracking

	1963 (kt/a)	1978 (kt/a)	1995 (kt/a)	2008 (kt/a)	2011 (kt/a)
Mantova	50	chiuso			
Ferrara	50	chiuso			
Marghera		370	370	407	490
Rosignano	Nd	chiuso			
Porto Torres		120	240	250	270
Assemini		75	chiuso		
Brindisi	80	125	400	438	490
Ragusa	25	100	chiuso		
Gela	75	200	200	chiuso	
Priolo	25	250	700	745	760
Totale	480	1240	1940	1840	2110

cracking tutti di piccole dimensioni appartenenti ad aziende diverse; nel 1978 (questa non è la data di chiusura), gli impianti si erano ridotti a 7 con un'unificazione solo della Montecatini e dell'Edison, ma con una capacità di produzione di etilene di 1.240 kt, superiore rispetto al passato; nel 1995 erano presenti solo 5 steam cracking, tutti appartenenti a EniChem, ma con una potenzialità di produzione di etilene di 1.940 kt per l'avvenuto ampliamento degli impianti di Priolo e di Brindisi (Tab. 1). L'impianto di Gela è stato chiuso nel 2008, tutti gli impianti sono stati trasferiti a Polimeri Europa ed attualmente la potenzialità è

Tab. 2 - Gas e oleodotti

P. Marghera	→ Ferrara (etilene)
P. Marghera	→ Mantova (chimici)*
P. Marghera	→ Ferrara (propilene)
P. Marghera	→ Mantova (etilene)
Ferrara	→ Ravenna (etilene)
Priolo	→ Ragusa (etilene)

*Cumene, benzene, etilbenzene

leggermente aumentata rispetto al 2008. Quindi la capacità di produzione di materie prime di base non è diminuita nel nostro Paese nel corso degli anni, anzi, c'è stata una razionalizzazione di siti ed un aumento della capacità degli impianti rimasti.

Quello che, invece, disgraziatamente, è successo è che a partire dalla fine degli anni Novanta, molto dopo gli anni della crisi storica della petrolchimica, nei siti dove sono rimasti gli steam cracking è diminuita fortemente l'attività chimica di trasformazione delle materie prime di base, che attualmente sono inviate ad altri siti e/o sul mercato internazionale (Tab. 2). È rimasta, invece, un'attività chimica significativa negli altri siti, dove non c'è più la chimica di base, come nelle province di Ferrara, Bergamo, Mantova, Ravenna, Novara e ad Ottana (NU). Quello che è avvenuto nel nostro Paese a partire dal 1995 è la scomparsa di molti siti cloro-soda con relativi impianti di clorurazione e della produzione di alcuni intermedi, come quella degli isocianati aromatici per la produzione di poliuretani, del caprolattame per il nylon 6, dell'acrilonitrile, dell'ossido di etilene, dell'ossido di propilene e dell'acetato di vinile. Inoltre è stata chiusa per quasi due anni tutta la filiera del PVC della Vinyls, che pare dovrebbe ripartire a breve, dopo la formalizzazione dell'acquisto da parte di un fondo d'investimento svizzero appartenente a dei russi. Nel corso degli anni si è verificata una specializzazione delle singole aziende o sul tipo di chimica realizzata e/o sul tipo di prodotto ottenuto, mentre all'inizio tutti facevano tutto entrando in concorrenza fra di loro, uno dei fattori che ha portato alla crisi del settore.

È possibile individuare attualmente cinque tipologie di aziende petrolchimiche in Italia [7-10] che corrispondono grosso modo anche a cinque diversi tipi di siti petrolchimici: le aziende che producono le materie prime di base e sono attive anche nella trasformazione a valle di alcune di queste nello stesso sito o in altri siti; le aziende che ricevono le materie prime di base o loro derivati dalle precedenti aziende e realizzano una variegata ramificazione di reazioni chimiche, arrivando a polimeri ed anche a intermedi utilizzati come materie prime per le specialità; le aziende che ricevono le materie prime dal mercato, in gran parte monomeri, e realizzano solo reazioni di polimerizzazione ed anche di trasformazione dei polimeri ottenuti; le aziende che trasformano i polimeri (materie plastiche, gomme, fibre e resine), che ricevono da altre aziende, in prodotti finiti; le aziende che trasformano i diversi prodotti petrolchimici ricevuti dalle precedenti aziende o dal mercato internazionale per produrre specialità. In questa nota sarà illustrata solo l'attività dei primi tre tipi di industrie petrolchimiche.

La produzione delle materie prime di base

I siti dove sono collocati attualmente gli steam cracking ed il reforming (Tab. 1 e Tab. 3) sono Porto Torres, Marghera e Priolo, mentre a Brindisi c'è solo lo steam cracking: tutti questi impianti appartengono a Polimeri Europa [7-9]. A Sarroch, invece, si produce propilene come

sottoprodotto del fluid catalytic cracking (da parte della raffineria Saras) ed aromatici (da parte di Polimeri Europa) dal reforming di frazioni C8-C9 provenienti dalla locale raffineria; in particolare sono ottenuti i tre xileni, etilbenzene, mesitilene e pseudo cumene, dei quali non viene realizzata nessuna trasformazione *in situ*. A Porto Torres Polimeri Europa produce anche la gomma NBR (butadiene-acrilonitrile) e il polietilene (HDPE), facendo arrivare solo l'acrilonitrile da fuori, e nello stesso sito sono localizzati gli impianti di produzione del cloruro di vinile e del PVC della Vinyls, che utilizza l'etilene locale e riceve il dicloroetano (sorgente di cloro) di Syndial da Assemini. A Marghera la gran parte dei mattoni della petrolchimica viene inviata a Mantova e Ferrara e Ravenna mediante gas ed oleodotti, ad eccezione dell'utilizzo locale di una parte dell'etilene per la produzione del cloruro di vinile da parte della Vinyls e del dicloroetano da parte di Syndial. Come petrolchimica Arke-ma produce in loco acetocianidrina, con l'acetone proveniente da Mantova e sfruttando un impianto di HCN locale.

A Brindisi Polimeri Europa produce polietilene (HDPE e LLDPE) e LyondellBasell polipropilene Spheripol e Spherizone, la benzina di pirolisi va a Priolo e il butadiene separato dalla frazione C4, che proviene anche da Priolo e Porto Torres, viene immesso sul mercato e non trasformato *in situ*. Nello stesso sito la Exxon produce film di propilene, utilizzando il polimero prodotto localmente. A Priolo viene prodotto polietilene LLDPE, gomma etilene-propilene (EPR) e cumene, che viene inviato a Mantova, mentre una parte dell'etilene viene inviata a Ragusa per produrre polietilene (LDPE ed EVA). La frazione C4 è inviata a Ravenna e Brindisi ed un eccesso di etilene e di polipropilene vengono attualmente immessi sul mercato. Ad Augusta Sasol produce olefine C10-C16 a partire dalla paraffine che provengono dalla locale raffineria, con le quali viene alchilato il benzene, e realizza reazioni di ossosintesi per produrre alcoli, utilizzati come tensioattivi per detergenti.

Evonik Degussa e Cabot a Ravenna e Columbian a Treviso (NO) producono nerofumo per trattamento in difetto di ossigeno ad alta temperatura di frazioni pesanti provenienti dal cracking catalitico realizzato nelle raffinerie allo scopo di preparare additivi per gomme e pigmenti. In Italia esistono diversi impianti di gassificazione IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) a Falconara (AN), a Sarroch (NU), a Priolo (SR) e a San Nazzaro de' Burgondi (PV), ma attualmente vengono impiegati solo per produrre gas di sintesi da bruciare in una turbina per ottenere energia elettrica pulita per la raffineria. Lo zolfo liquido proveniente dalle raffinerie viene trasformato da Nuova Solmine a Scarlino

Tab. 3 - Prodotti da reforming

Prodotti	C5	C6-C7	C8	C9
Marghera	si ^a	si		
Porto Torres	si ^b	si		
Sarroch		si	si ^c	si
Priolo		si	si ^d	
a) ciclopentano b) ciclopentadiene c) xileni ed etilbenzene d) solo orto e para xilene				



(GR), leader in Italia, e da Esseco a Treviso (NO) in H_2SO_4 , la cui successiva combustione porta a SO_2 , che, mediante successiva ossidazione catalitica, conduce infine a SO_3 , utilizzato per produrre solfiti, metassolfati e SO_2 . A Marano Veneziano Marchi Industriale impiega l'acido solforico prevalentemente per produrre fertilizzanti fosfatici.

Siti petrolchimici integrati

In Italia ci sono sei aziende che realizzano una chimica integrata a partire dalle materie prime di base o da loro intermedi attraverso, una successiva serie di reazioni che conducono a diversi prodotti: polimeri e intermedi utilizzati per additivi o componenti per specialità realizzate con impianti di dimensioni significative [8-10]. Quello che caratterizza queste aziende è di essere tutte specializzate nel tipo di chimica sviluppata e sono multinazionali italiane, con attività analoga all'estero, o aziende straniere.

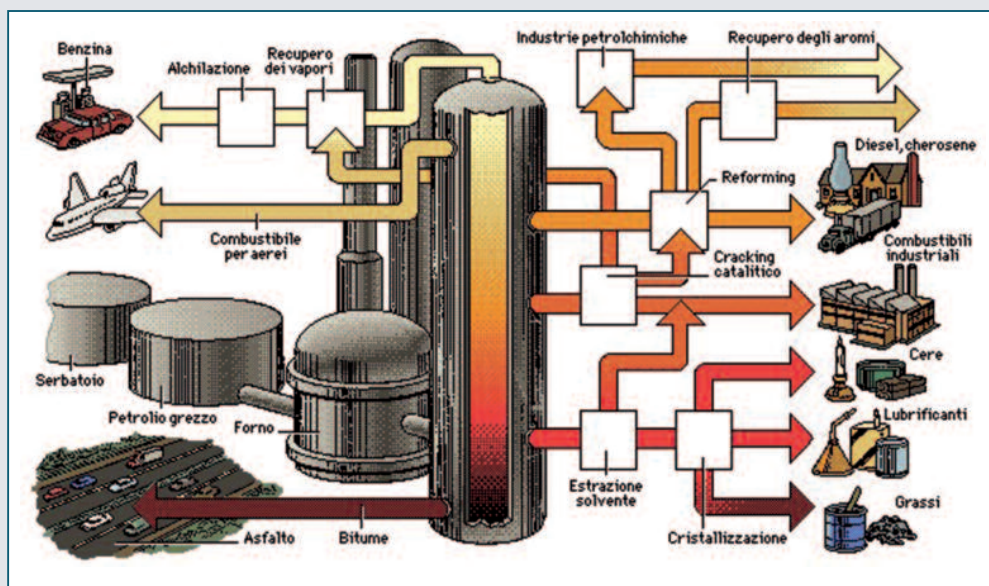
Polynt è una multinazionale a maggioranza italiana con cinque stabilimenti nel nostro Paese. È specializzata nelle sintesi delle anidridi, che trasforma in resine, e prodotti di chimica fine.

Polimeri Europa a Mantova trasforma il cumene che proviene da Priolo ed il benzene e l'etilene che provengono da Marghera in tre linee produttive: stirene monomero, plastiche stireniche, gomme stireniche e intermedi per successiva trasformazione del cumene.

Radici, a Novara, a partire da cicloesano e cicloesano che provengono da Mantova, per ossidazione con acido nitrico produce acido adipico e due sottoprodotti, acido glutarico e succinico, e, utilizzando l'adiponitrile che proviene dal mercato, produce per idrogenazione esametildiammina e sale 66 (adipato di esametildiammina), che viene polimerizzato a nylon 66.

Arkema, azienda francese, produce a Marghera acetocianidrina da acetone ed HCN, che poi invia a Rho (MI) dove produce metilmetacrilato e polimetilmetacrilato.

Indorama, azienda indonesiana, riceve da Sarroch *p* e *m*-xilene, che trasforma rispettivamente in acido tereftalico ed isoftalico, che poi poli-



Il futuro della petrolchimica

È prevedibile che sopravvivranno nei prossimi anni solo gli steam cracking di dimensioni giganti, intorno al milione di t/a, per sfruttare meglio l'economia di scala e già ci sono diversi impianti al mondo di questa taglia.

È poi molto probabile che saranno realizzati un maggior numero di nuovi impianti, che adesso sono poco comuni, per trasformare alcuni prodotti chimici di base in altri maggiormente utilizzati. Questi, per esempio, sono gli impianti di metatesi, che trasformano miscele di etilene e buteni in propilene, l'idrodealchilazione di toluene a benzene, l'oligomerizzazione di olefine leggere a olefine C10-C16, il disproporzionamento del toluene a benzene e xileni, l'isomerizzazione

del *m*-xilene a *p*-xilene e la metilazione del toluene a xileni. Inoltre potrebbe essere cambiato lo steam cracking per passare ad un cracking catalitico, come per esempio il processo ACO (Advanced Catalytic Olefins) sviluppato da KBR [11], che porta ad una maggiore resa in olefine, soprattutto propilene, e ad una benzina di pirolisi più ricca in aromatici.

Guardando, invece, ad un futuro più lontano si possono individuare tre diverse strategie: la realizzazione della raffineria petrolchimica, la produzione dei primi mattoni attuali della petrolchimica da materie prime diverse ed infine il cambiamento dei primi mattoni e della via di sintesi dei loro primi intermedi.

Siti attivi a partire dalla polimerizzazione

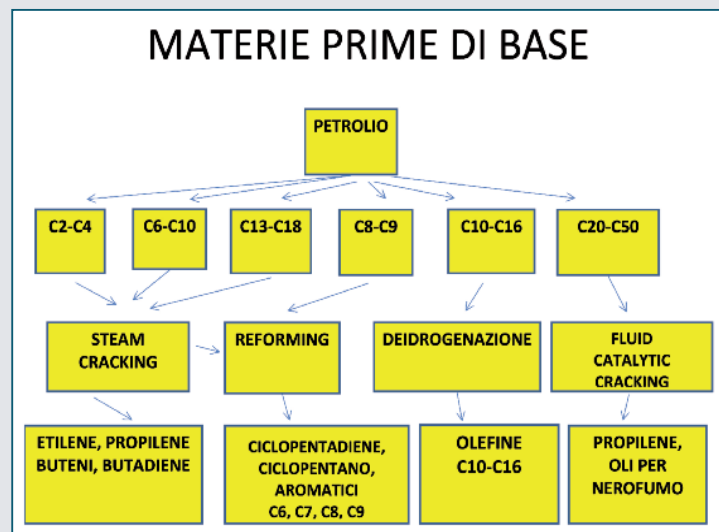
La terza categoria di siti sono quelli in cui le aziende, a partire dai monomeri prodotti in altri siti, realizzano reazioni di polimerizzazione e trasformano anche i polimeri ottenuti. Vengono qui indicate solo quelle di grandi dimensioni.

A Ferrara LyondellBasell produce polipropilene e copolimeri etilene-propilene-butene e Polimeri Europa produce polietilene e gomma etilene-propilene-etilenorbornene (prodotto per reazione Diels-Alder fra etilene e ciclopentadiene). A Ravenna Polimeri Europa ha un impianto di separazione della frazione C4, che riceve da Marghera, Priolo e Porto Torres, utilizza il butadiene ed i buteni, ed invia al vicino stabilimento della Polynt il *n*-butano e il butadiene. In loco Polimeri Europa produce gomma butadiene (BR) e gomme stirene-acrilonitrile-butadiene (ABS), gomme termoplastiche (TPR) stirene-butadiene-stirene, stirene-isoprene-stirene, stirene-etilene/butene-stirene e lattici stirene-butadiene. Huntsman Surface Sciences Italia Srl produce a Ternate (VA) poliuretani. Ad Arco di Trento Aquafil produce, a partire da caprolattame che proviene dall'estero, nylon 6 ed è leader europea nelle fibre per pavimentazione. A Sandigliano (BI) e a Treviglio (BG) Sinterama produce fili e filati di poliestere colorati. A Villa d'Ossola (VB) e a Ravenna Vinavyl produce polimeri di acetato di vinile. A Offanengo (CR) Coim produce resine poliestere. Dow Italia Srl produce resine epossidiche a Fombio (LO), a Pisticci (MT) e Correggio (RE) poliuretani. Basf Italia Srl produce a Zingonia (BG) e a Bibbiano (RE) sistemi a base poliestere e lastre di polistirene, a Villanova d'Asti poliuretani. A Nera Montoro (TR) Alcantara produce fibre di poliestere e poliuretaniche.

La raffineria petrolchimica è già stata studiata da tre gruppi diversi di aziende (Dow, Carbide, Kunigi/Kunii) [2, 12] le quali hanno sviluppato lo steam cracking diretto del petrolio per ottenere le attuali materie prime chimiche di base. Questa tecnologia potrebbe diventare attuale quando il petrolio starà per finire e si deciderà di lasciare gli ultimi barili solo per la chimica, come auspicava già Mendeleev anni fa.

Guardando, invece, ad un futuro più lontano si possono individuare tre diverse strategie: la realizzazione della raffineria petrolchimica, la produzione dei primi mattoni attuali della petrolchimica da materie prime diverse ed infine il cambiamento dei primi mattoni e della via di sintesi dei loro primi intermedi.

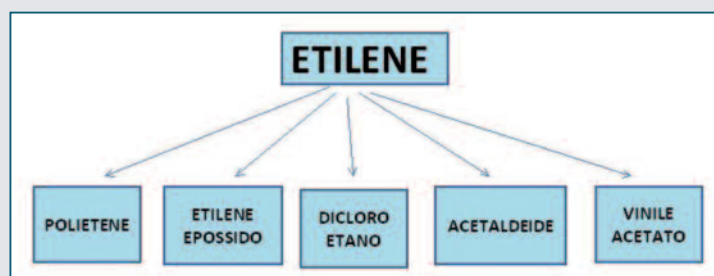
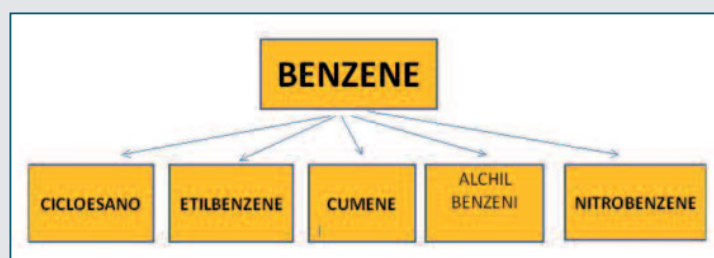
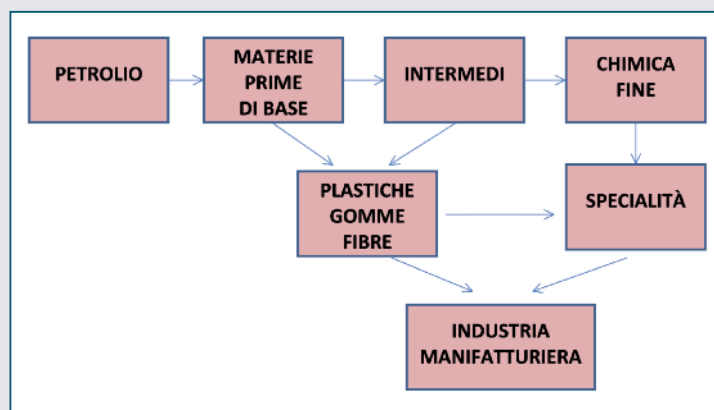
La raffineria petrolchimica è già stata studiata da tre gruppi diversi di aziende (Dow, Carbide, Kunigi/Kunii) [2, 12] le quali hanno sviluppato lo steam cracking diretto del petrolio per ottenere le attuali materie prime chimiche di base. Questa tecnologia potrebbe diventare attuale quando il petrolio starà per finire e si deciderà di lasciare gli ultimi barili solo per la chimica, come auspicava già Mendeleev anni fa.



La seconda strategia è quella di produrre gli attuali mattoni petrolchimici da materie prime diverse, come il gas naturale, il carbone o derivati da sostanze naturali e quindi lasciare tutta la chimica a valle inalterata (si dovrà solo abbandonare il nome di petrolchimica, anche se in letteratura si trova la dizione *coal-based petrochemistry*). Dal gas naturale ci sono tre strade: lo steam cracking delle paraffine superiori contenute come impurezze e la sintesi di paraffine e metanolo da metano via gas di sintesi per trasformare il metanolo in etilene e/o propilene. Queste vie sono già utilizzate in diverse parti del mondo. Le reazioni a partire dal gas di sintesi possono essere realizzate, inoltre, anche da carbone e da biomassa previa gassificazione.

La terza strategia è quella di cambiare i primi mattoni ed i processi di loro prima trasformazione, come era stato nel passato con la chimica dell'acetilene, o ritornando sull'acetilene (partendo da carbone o da metano), come è stato fatto recentemente in Cina da carbone e fino agli anni Novanta a Ravenna e a Marghera da metano, o realizzando una chimica di trasformazione diretta delle paraffine leggere presenti nel gas naturale, o utilizzando biomattoni come etanolo, acido lattico, acido oleico, acido succinico, glicerina e butanolo [13].

Tuttavia l'abbandono del petrolio per produrre mattoni con altre materie prime potrà essere motivato solo da un suo prezzo elevato, al momento attuale non ci sono preoccupazioni per un suo esaurimento, in quanto solo il 10% va in chimica, mentre l'utilizzo di sostanze naturali lo può essere, oltre che per motivi economici, anche per esigenze ambientali e di sostenibilità e per sfruttare il prefisso bio nei prodotti ottenuti: ci sono però molti dubbi che possa essere utilizzato per grandi produzioni. Queste considerazioni valgono per tutto il mondo e, a seconda della regione considerata, una o l'altra strategia sarà quella perseguita, pur restando il prezzo delle materie prime ottenute la forza trainante al cambiamento. In Italia, per il prossimo futuro, sarebbe auspicabile un aumento della potenzialità dei diversi cracking e trovare, almeno a Priolo e Brindisi, nuove applicazioni delle materie prime di base che vengono attualmente inviate sul mercato. Inoltre, se aumenteranno le località in grado di ricevere il gas naturale liquefatto potrebbe diventare interessante fare ripartire una metanochimica a partire dal metanolo, dal petrolio sintetico o dalle eventuali paraffine che potrebbero arrivare con il metano.



Bibliografia

- [1] I. Pasquon, P. Forzatti, in *Enciclopedia degli Idrocarburi*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Fondazione Treccani, Roma, 2006, Vol. II, pag. 407.
- [2] A. Chauvel, G. Lefebvre, *Petrochemical Processes*, Edition Technip, 1989.
- [3] www.chem.tamu.edu/class/majors/chem470/Notes.html
- [4] www.eoearth.org/article/Cracking
- [5] G. Trinchieri, *Chimica e Industria*, 2002, **84**(4), 67.
- [6] G. Trinchieri, *Le industrie chimiche in Italia*.

- Dalle origini al 2000, Arvan Srl, Mira (VE), 2001.
- [7] www.eni.com/it_IT/prodotti-servizi/chimica-base/chimica-base.shtml
- [8] [www.riditt.it/documenti/Chimica\(1\).pdf](http://www.riditt.it/documenti/Chimica(1).pdf)
- [9] www.osservatoriochimico.it/Allegati/2007/cracking.ppt
- [10] www.osservatoriochimico.it/index.asp
- [11] www.kbr.com/Technologies/Process-Technologies/Advanced-Catalytic-Olefins/
- [12] www.petrochemistry.net/from-crude-oil-to-petrochemicals.html
- [13] F. Trifirò, *Chimica e Industria*, 2008, **90**(9), 146.