

# FLASHBACK RIVISITANDO



Fig. 1 - Giulio Natta mentre osserva il modello molecolare del polipropilene isotattico. In alto, la pagina di calendario dell'11 marzo 1954 con la sobria annotazione: "Fatto il polipropilene"

Salvatore Mazzullo, Anna Fait  
SCI task force ESPERA:  
Etica e Scienza per l'Ambiente  
turi.mazzullo@libero.it

## UNA RIFLESSIONE SUL MERCATO

# GLOBALE DEL POLIPROPILENE: IL PICCO DI HUBBERT

*A cinquant'anni dal premio Nobel per la Chimica a K. Ziegler e G. Natta, sembra appropriato fare una riflessione sul mercato mondiale del polipropilene, ponendosi in una prospettiva inconsueta: utilizzare il polipropilene come un tracciante capace di svelare gli sviluppi futuri dell'economia del pianeta. La serie storica dei dati di consumo mondiale di polipropilene, analizzata alla luce di un modello matematico, permette di stabilire che la velocità di variazione del mercato è crescente sino al 2020, quando raggiunge il massimo di quasi 2,5 Mt/anno (che chiameremo picco di Hubbert del polipropilene), dopo di che la crescita si interrompe e inizia un declino inarrestabile della velocità fino al raggiungimento del valore di saturazione di mercato. La decrescita del mercato mondiale del polipropilene è, quindi, imminente.*

### Un segnale debole della globalizzazione

Il polipropilene e la sua sintesi, realizzata consapevolmente da Giulio Natta per la prima volta il giorno 11 marzo 1954 (Fig. 1), sono un'indubbia gloria della ricerca italiana, appena offuscata dalla polemica sulla paternità della scoperta subito scoppiata con Karl Ziegler e salomonicamente risolta dall'Accademia delle Scienze svedese con l'attribuzione del premio Nobel per la Chimica ai due contendenti nel 1963. La crescita del business del polipropilene durante questo oltre mezzo secolo di vita è stato uno dei più vigorosi nella storia delle materie plastiche, grazie ad alcune generazioni di scienziati ed industriali che hanno creduto, con una fiducia quasi illimitata, nelle potenzialità applicative di questo nuovo termoplastico. Oggi si può dire che non ci sia settore tecnologico in cui non sia presente il polipropilene ed i suoi copolimeri, occupando settori di mercato da protagonista e non da comprimario, che spaziano dal tessile, all'imballaggio, ai trasporti, all'edilizia, al sanitario e al biomedicale (Fig. 2).

A cinquant'anni dal premio Nobel, sembra appropriato fare una riflessione sul business mondiale del polipropilene da un punto di vista inconsueto, cioè in una prospettiva di lungo termine, con l'ausilio di un

modello matematico, utilizzando il polipropilene come un tracciante capace di svelare gli sviluppi futuri dell'economia del pianeta, in questo guidati da un brillante e agile testo di J.M. Keynes del 1928 dal titolo emblematico: "Prospettive economiche per i nostri nipoti", rivisitato recentemente, con formula dubitativa, da Guido Rossi [1]. Si tratta, in pratica, di cogliere un segnale debole che proviene dal mondo circostante e che possiamo descrivere così: la globalizzazione sta unificando e semplificando i diversi sistemi del mondo. I singoli mercati sono ormai collegati fra loro in tempo reale e non si può più parlare di mercati distinti. La rivoluzione informatica ha trasformato la Terra in un unico mercato. Questa constatazione ha, però, la conseguenza straordinaria che è, sostanzialmente, possibile descrivere il tutto attraverso il comportamento di una singola parte; proprio perché la globalizzazione garantisce che il destino della parte permea di sé il tutto. Se possedessimo dati storici affidabili su un qualunque fenomeno umano, potremmo usarli, attraverso un opportuno modello matematico e un adeguato processo di identificazione dei parametri del modello stesso [2] per descrivere quantitativamente quel fenomeno e anche azzardare un'extrapolazione al comportamento futuro di quel sistema.

È quello che ora faremo usando i dati storici del mercato mondiale del polipropilene, sin dall'origine, per descrivere il comportamento globale di questo specifico mercato e per fare alcune proiezioni, di lungo termine, sul suo comportamento futuro.

## Serie storica dei dati di mercato del polipropilene

Come tutte le attività umane, anche la storia industriale del polipropilene può essere descritta secondo diverse prospettive, in funzione degli obiettivi che si vogliono raggiungere. In questo caso, focalizzeremo la nostra attenzione sui dati storici riguardanti l'evoluzione del mercato mondiale del polipropilene, in termini di capacità nominale degli impianti di produzione (Tab. 1), volumi di vendita e previsioni di consumo (Tab. 2).

I dati delle tabelle sono in milioni di tonnellate ed è evidenziata anche l'età del mercato, fatto zero il 1957, anno di inizio della produzione di questo materiale nel mondo. Tutti questi dati sono stati esaminati alla luce di un modello matematico, descritto in appendice, capace di descrivere l'evoluzione teorica del mercato stesso. La Fig. 3 riassume graficamente l'esito di questo processo.

La linea continua fornita dal modello di calcolo corrisponde all'equazione (4) dell'appendice ed ha la forma di una funzione di tipo logistico: all'inizio cresce velocemente, quindi segue un andamento quasi lineare per poi gradualmente rallentare portandosi definitivamente a un plateau. La descrizione dei dati storici di evoluzione del mercato per mezzo di una curva teorica, ha il vantaggio di poter dedurre da essa alcuni dati macroeconomici, altrimenti non facilmente individuabili per altra via. Fra questi ne segnaliamo due, particolarmente rilevanti:

1. il valore asintotico  $W_{\infty}$  della curva logistica, ottenuto come best fitting dei dati storici (Tab. A1) che corrisponde a 210 milioni di tonnellate di polipropilene. C'è un ampio margine di crescita, da oggi, sino al valore asintotico di saturazione, infatti, la frazione di mercato mondiale oggi occupata è pari a  $\chi = 56/210 = 27\%$ ;

2. il momento in cui si raggiunge il massimo della velocità di crescita del mercato, il 2020, dato di interesse strategico per chi opera nel business delle tecnologie del polipropilene.

Chiameremo questo momento *picco di Hubbert del polipropilene*, analogamente alle considerazioni fatte da M.K. Hubbert in relazione

Tab. 1 - Capacità nominale mondiale di polipropilene (1965-1985) [3]

Anno	1965	1970	1975	1980	1985
Età (1957=0)	8	13	18	23	28
Capacità (Mt)	0,26	0,46	2,40	6,60	8,30



Fig. 2 - Alcuni settori applicativi del polipropilene

al mercato del petrolio [5]. Questo risultato si ottiene calcolando la derivata della curva di crescita ed è dato dall'equazione (3) dell'appendice.

Queste considerazioni di lungo periodo, possono assumere una forma grafica molto espressiva estendendo opportunamente la scala dei tempi e rappresentando nello stesso grafico, sia la curva di crescita dei volumi (colore blu) che la curva derivata delle velocità di crescita (colore rosso), Fig. 4.

La velocità è crescente sino al 2020 quando raggiunge il massimo di quasi 2,5 Mt/anno (cioè circa cinque nuovi impianti da 500 Kt/anno), dopo di che inizia un declino inarrestabile, sino al raggiungimento del valore di saturazione di mercato. Questo andamento della velocità di crescita è strutturale al sistema e non congiunturale. La decrescita del mercato mondiale del polipropilene è, quindi, imminente, secondo questo modello, conformemente anche alle previsioni più aggiornate del classico picco di Hubbert del petrolio [6].

## Considerazioni conclusive

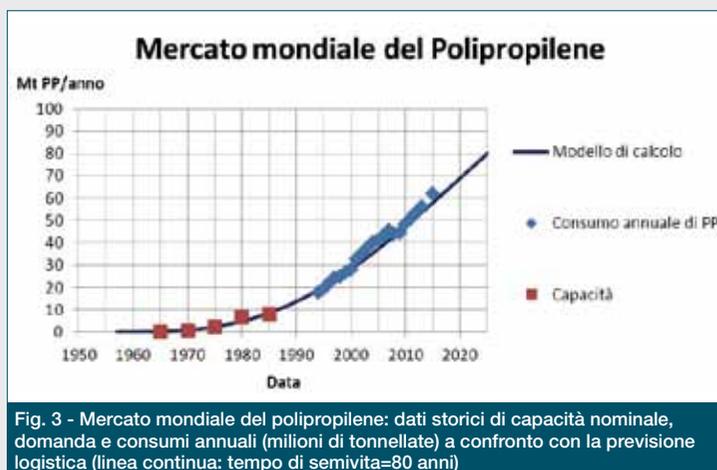
L'analisi qui riportata, seppure limitata al caso del polipropilene, offre un contributo all'ampia discussione in corso sullo sviluppo del modello economico occidentale. Il modello macroeconomico proposto permette di descrivere l'evoluzione storica del mercato del polipropilene e di prevedere un preciso momento, il 2020, che segna l'inizio della decrescita strutturale e non congiunturale del mercato mondiale di questa famiglia di materiali. A quella data, la velocità di crescita raggiunge il suo massimo strutturale che abbiamo denominato *picco di Hubbert del polipropilene*.

Questo risultato può essere assunto come paradigma di evoluzione possibile per l'economia del mondo. Come già sottolineato, infatti, la globalizzazione e la rivoluzione informatica hanno trasformato la Terra in un unico mercato con la conseguenza straordinaria che è, sostan-

Tab. 2 - Consumi mondiali di polipropilene, (1994-2012) e previsioni futura (2013-2015) [4]

Anno			1994	1995	1996	1997	1998	1999
Età (1957=0)			37	38	39	40	41	42
Capacità (Mt)			17,50	19,00	22,00	24,00	25,00	26,5
Anno	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Età (1957=0)	43	44	45	46	47	48	49	50
Capacità (Mt)	28,00	32,631	35,281	37,469	40,057	40,962	42,815	45,472
Anno	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Età (1957=0)	51	52	53	54	55	56	57	58
Capacità (Mt)	44,076	44,486	48,276	50,728	53,345	56,040	58,835	61,735

# FLASHBACK RIVISITANDO



zialmente, possibile descrivere il tutto attraverso il comportamento di una singola parte. Dobbiamo inevitabilmente confrontarci con una prospettiva di futuro prossimo, già per i nostri nipoti, nella quale il tasso di sviluppo sarà inferiore a quello attuale.

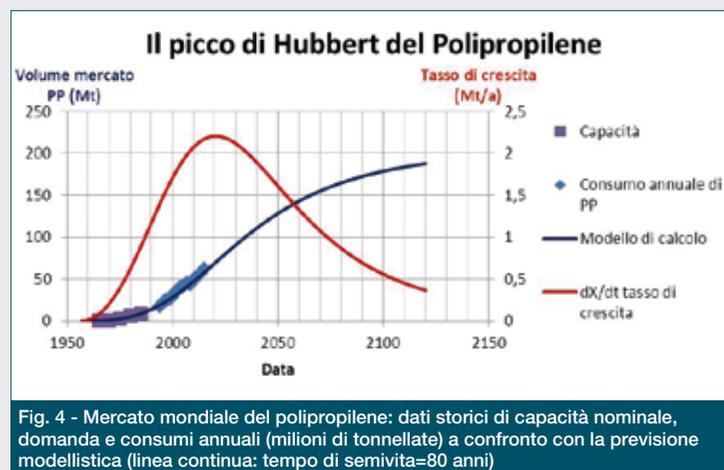
## Appendice Modello di crescita del mercato del polipropilene

La descrizione dei volumi di vendita del polipropilene nel mondo, potrebbe essere fatta facendo riferimento ai classici modelli di dinamica delle popolazioni, tuttavia, in questo lavoro si è preferito costruire un modello di crescita dei volumi mediante adattamento giudizioso della teoria di crescita dei cristalli di Avrami [7].

Secondo la teoria della cristallizzazione di Avrami, ogni processo di crescita potrebbe essere descritto come il risultato di tre fenomeni: la nascita dei nuclei di crescita dello specifico mercato nella massa di opportunità offerte dal mercato (cinetica di nucleazione ad opera di agenti promotori del mercato), la successiva crescita intorno a tali nuclei (cinetica di crescita vera e propria) e l'arresto della crescita quando il sistema in accrescimento viene in contatto con un altro concorrente, interferendo con esso. Nelle aree di contatto la crescita libera è impedita dall'interferenza con i competitori, che implica che non è più disponibile ulteriore volume libero di mercato, essendo già stato occupato dal concorrente che si avvicina. Questo terzo passo è comunemente indicato con il termine tecnico di "impingement".

Alle condizioni speciali che entrambe le cinetiche di nucleazione e crescita soddisfino alle stesse regole di mercato ("ipotesi iso-cinetica") è possibile raggruppare i tre fenomeni in un'unica equazione per la crescita cumulativa. Per comodità di trattazione analitica delle equazioni, faremo uso del modello di crescita cumulativa sviluppato da M.C. Tobin [8]. Nel nostro modello, la quota del volume totale di mercato del polipropilene è indicata dal simbolo  $\chi$ . Questa variabile adimensionale  $\chi$  esprime il rapporto fra il volume di mercato attuale  $W_a$  e il volume di mercato raggiungibile all'equilibrio  $W_\infty$  (Eq. 1) (Schema 1).

Il parametro  $\chi$  può, pertanto, assumere valori tra zero, all'inizio dell'espansione di mercato, e uno, quando si raggiunge la saturazione del



100% dello spazio di mercato accessibile. La cinetica di crescita dei volumi di vendita del mercato del polipropilene è descritta da un'equazione differenziale ordinaria del primo ordine nella variabile  $\chi$  (Eq. 2), con la condizione iniziale,  $\chi(0)=0$ , cioè, volume di mercato nullo all'inizio dell'era del polipropilene (1957). L'equazione (2) descrive l'andamento della velocità assoluta di crescita annuale del mercato. La costante cinetica  $k$  ha le dimensioni dell'inverso di un tempo ed è un descrittore del tempo caratteristico di evoluzione temporale del fenomeno di crescita del mercato. Il fattore di forma  $f(\alpha, \chi)$  assume la forma analitica rappresentata dall'Eq. 3.

$$\chi = W_a / W_\infty \quad (1)$$

$$\frac{d\chi}{dt} = k \cdot f(\alpha, \chi) \quad (2)$$

$$f(\alpha, \chi) = \alpha \cdot \chi^{1-\frac{1}{\alpha}} \cdot (1 - \chi)^{1+\frac{1}{\alpha}} \quad (3)$$

$$W_a(t) = W_\infty \cdot \frac{(kt)^\alpha}{1 + (kt)^\alpha} \quad (4)$$

Schema 1

Questa funzione ci dice che il mercato cresce proporzionalmente alla dimensione stessa del mercato, con un andamento sub-lineare dato dal fattore  $\chi^{(1-1/\alpha)}$ ; ci dice anche che la crescita non procede all'infinito ma si estingue gradualmente, proporzionalmente alla saturazione del mercato, con un andamento super-lineare dato dal fattore  $(1-\chi)^{(1+1/\alpha)}$ . Il numero reale positivo  $\alpha=n+1$  si riferisce alla dimensione geometrica spaziale del mercato in espansione ( $n=1$  significa sviluppo del mercato di tipo direzionale, per contagio;  $n=2$ , invasione del mercato in tutte le direzioni della superficie della Terra). La cinetica di crescita del mercato, descritta dall'Eq. (2), può essere integrata analiticamente, dando luogo alla soluzione integrale, che fornisce l'andamento dei volumi  $W_a(t)$  di crescita del mercato mondiale di polipropilene nel tempo (Eq. 4).

L'Eq. (4) ha la forma di una funzione di tipo logistico: all'inizio cresce velocemente, con l'andamento della funzione potenza  $(kt)^\alpha$  per poi gradualmente rallentare portandosi definitivamente a un plateau. Da questa soluzione dell'equazione analitica si vede immediatamente che quando il tempo corrente è tale che  $kt=1$ , allora la dimensione del mercato raggiunge il valore  $\chi=1/2$ , cioè il 50% del valore massimo accessibile all'equilibrio.

Pertanto la costante cinetica  $k$  corrisponde all'inverso del tempo di semivita del mercato.

La curva rappresentata dall'equazione (4) può essere utilizzata per descrivere i dati sperimentali di uno specifico mercato: per far questo è necessario conoscere i valori dei tre parametri liberi ( $W_\infty$ ,  $k$ ,  $\alpha$ ). Nel nostro caso, utilizzeremo i dati delle capacità nominali mondiali (1965-1985) di Tab. 1 assieme ai dati di consumo mondiale di polipropilene e previsioni di consumo (1994-2015) di Tab. 2, ipotizzati dalla stessa fonte. Questi dati, uniti al momento in cui ha inizio la produzione mondiale di polipropilene (1957) coprono compiutamente un arco di tempo di oltre 50 anni e permettono di identificare, con sufficiente affidabilità, i tre parametri liberi ( $W_\infty$ ,  $k$ ,  $\alpha$ ) con i quali si descrive analiticamente la migliore approssimazione ai dati sperimentali di mercato, Tab. A1. L'andamento della curva logistica di crescita dei volumi di consumo mondiali di polipropilene è rappresentato in Fig. 4 dalla curva in colore blu mentre la velocità assoluta di variazione dei volumi è data dalla curva in colore rosso.

## Osservazioni critiche al modello econometrico del polipropilene

L'ipotesi fondamentale di questo lavoro è che il modello di crescita del mercato del polipropilene possa essere descritto dall'equazione differenziale  $d\chi/dt = k \cdot f(\alpha, \chi)$ , in cui il secondo membro si scrive come prodotto di una costante cinetica  $k$  e di un fattore di forma  $f(\alpha, \chi)$  funzione solo del valore della variabile  $\chi$ . È opportuno soffermarsi e fare alcune considerazioni su questa scelta, per apprezzarne appieno la portata e le conseguenze.

### Conseguenze matematiche del modello

A causa di questa scelta, l'equazione differenziale è indipendente dalla storia passata ma dipende solo dallo stato corrente  $\chi$ ; in altri termini, lo stato del sistema in qualunque tempo futuro è univocamente determinato dal suo stato in un qualche assegnato tempo pregresso. In molte situazioni reali questa è una manifesta assurdità e, probabilmente, anche la nostra situazione è fra queste!

Tuttavia, è un'utile anche se palese assurdità. Il difetto di molti modelli matematici non sta tanto in questo tipo di peccato, quanto nella mancanza di consapevolezza che si sta peccando [2].

Un modello matematico di un processo reale va utilizzato fin tanto che fornisce previsioni in ragionevole accordo con le osservazioni. Se si pone a confronto la complessità dei fenomeni di mercato con la semplicità di questo modello matematico non è sorprendente che si potrà essere forzati a modificarne la formulazione, di tanto in tan-

Tab. A1 - Parametri identificativi del mercato mondiale dei consumi di polipropilene

$W_\infty$	$k$	$\alpha$
[Mt]	[1/anni]	[adimensionale]
210	1/80	3

to, allo scopo di ottenere più accurati risultati. È notevole, tuttavia, come una profonda comprensione di molti processi reali possa essere conseguita per mezzo di ipotesi assai rudimentali!

### Conseguenze fisiche del modello

Per ipotesi, il fattore di forma assume l'espressione

$$f(\alpha, \chi) = [\alpha \chi^{(1-1/\alpha)}][(1-\chi)^{(1+1/\alpha)}]$$

Il senso di questa funzione è che la velocità di crescita del mercato è nulla non solo all'origine del processo, quando  $\chi=0$ , ma anche quando  $(1-\chi)=0$ , cioè alla fine del processo.

Ciò implica che c'è una fase di crescita, si raggiunge un massimo e poi c'è una decrescita nella velocità di variazione del mercato mondiale. Da un punto di vista fisico, il fattore di forma rende ragione dell'ipotesi che un sistema finito non può crescere all'infinito ma tende a stabilizzarsi raggiungendo un valore di saturazione  $W_\infty$ .

### Capacità predittiva del modello

La speciale scelta del fattore di forma permette di integrare analiticamente l'equazione differenziale in modo da soddisfare la condizione iniziale,  $\chi(0)=0$ , ottenendo così l'espressione analitica dell'andamento dei volumi di consumo mondiale di polipropilene riportata in Eq. 4. Questa è una funzione di tipo logistico, a tre parametri liberi ( $W_\infty$ ,  $k$ ,  $\alpha$ ) che sono stati identificati, per approssimazioni successive, sulla base della serie storica di dati di mercato che copre circa 60 anni, cioè un buon terzo della durata pratica di questo ciclo economico (circa 200 anni), come si evince a posteriori dal diagramma di Fig. 4. Così facendo si viene a mitigare il grosso limite evidenziato al punto 1, attenuando la portata delle conseguenze matematiche sopra delineate. Il parametro  $k$  ha il carattere di una costante cinetica e determina l'intensità della velocità di variazione del mercato. Esso incorpora gli effetti degli sviluppi tecnologici apportati nel tempo ai processi di produzione del polipropilene ed è plausibile che tali sviluppi continueranno nel tempo. Se però si accetta che la forma dell'equazione cinetica di governo del mercato rimanga immutata, allora l'effetto di un aumento della costante cinetica (dovuto al miglioramento della tecnologia), sarà quello di anticipare nel tempo l'insorgenza del picco di Hubbert, ma non di cambiarne la forma e quindi le caratteristiche essenziali.

Il parametro  $W_\infty$  rappresenta il volume di saturazione di mercato, raggiungibile all'equilibrio. Esso si può esprimere come prodotto di due fattori: il consumo *pro capite* di polipropilene  $w_\infty$  e la popolazione totale  $N_\infty$  della Terra all'equilibrio, in un tempo futuro molto remoto da oggi:  $W_\infty = w_\infty N_\infty$ .

# FLASHBACK RIVISITANDO

Entrambi i fattori sono suscettibili di variazioni nel tempo. Oggi la popolazione della Terra è di circa 7 miliardi, mentre il consumo medio *pro capite* di polipropilene è di circa 8 kg ed è fortemente legato all'area geografica considerata, variando da 18,5 kg di USA ed Europa a 2,3 kg dell'India.

La variazione di questi due fattori comporta la variazione del valore assunto dal parametro  $W_{\infty}$  ma non fa variare il tempo nel quale si raggiunge il picco di Hubbert del polipropilene.

Queste considerazioni fanno emergere anche la direzione verso la quale orientare un miglioramento di questo modello elementare: incorporare gli effetti degli sviluppi della tecnologia di produzione sulla costante cinetica  $k(t)$ , gli effetti della competizione fra i materiali sul parametro  $w_{\infty}$  e gli effetti della dinamica di variazione della popolazione della Terra sul parametro  $N_{\infty}$ .

Questi effetti dovranno essere descritti da altrettante equazioni, da affiancare alla formulazione attuale.

## Bibliografia

- [1] J.M. Keynes, Possibilità economiche per i nostri nipoti seguito da, G. Rossi: Possibilità economiche per i nostri nipoti? Adelphi Edizioni, 2009.
- [2] R. Bellman, R. Roth, Quasi-linearization and the identification problem. World Scientific Publ. Singapore, 1983.
- [3] E.P. Moore, G.A. Larson, Introduction to PP in Business, contributed paper to Polypropylene Handbook, E.P. Moore, Ed. Hanser Publ., Munich, 1996.
- [4] Townsend Solutions, Polypropylene Annual Reports, 1994-2011, [www.plasticmarketdata.com](http://www.plasticmarketdata.com)
- [5] M.K. Hubbert, Nuclear energy and the fossil fuels, API Drilling & Production Practice, Proc. Spring Meeting, San Antonio (TX), USA, 1956.
- [6] S. Carrà, *Chimica e Industria*, 2012, **94**(6), 64.
- [7] M. Avrami, *J. Chem. Phys.*, 1939, **7**, 1103; 1940, **8**, 212; 1941, **9**, 177.
- [8] M.C. Tobin, *J. Polym. Sci.; Polym. Phys. Ed.*, 1974, **12**, 399.

## ABSTRACT

### **A Reflection on Polypropylene Global Market: the Hubbert Peak**

Fifty years after the Nobel Prize for Chemistry to K. Ziegler and G. Natta, it seems appropriate reflecting on the global polypropylene market, from an unusual perspective: use polypropylene as a tracer able to reveal the future development of the planet economy. The historical data of yearly global polypropylene consumption was analyzed on the basis of a mathematical model. According to this model, the rate of change of the market is growing until 2020, when the market growth reaches its maximum value of about 2.5 Mt/year (here called, Hubbert peak of polypropylene), after that the market growth experiences an unstoppable decline, until the saturation value is reached. The downturn in the polypropylene global market is therefore imminent.

## Istruzioni per gli Autori

La Chimica e l'Industria è una rivista di scienza e tecnologia e di informazione per i chimici. Nella rubrica "Attualità" ospita articoli o comunicati brevi su argomenti di interesse rilevante per tutti coloro che operano nella chimica, richiesti dalla redazione o ricevuti come lettere al direttore. Nella sezione "Science and Technology" pubblica in inglese monografie scientifiche di chimica, ingegneria chimica e tecnologie farmaceutiche, concordate o richieste dal comitato scientifico o dalla redazione. Nella sezione "Chimica e..." ospita articoli in italiano o in inglese di carattere applicativo, tecnologico e informativo per tutti i settori rilevanti della chimica.

## Testi

I testi possono essere trasmessi via e-mail, completi di tabelle e figure, con chiara indicazione dei nomi degli autori, scrivendo per esteso anche il nome di battesimo, gli Istituti o Enti presso i quali svolgono la loro attività e relativo indirizzo. Va allegato inoltre un breve riassunto del testo sia in italiano sia in inglese (max 300 battute). I testi dovranno essere contenuti in non più di 30.000 battute per quanto riguarda la sezione "Science and Technology", e non più di 16.000 battute per quanto riguarda la sezione "Chimica e...". Il numero complessivo di tabelle e figure non dovrebbe essere superiore a 10 per la sezione "Science..." e a 5 per la sezione "Chimica e...". Tutti gli articoli dovranno essere corredati di un'immagine esplicativa dell'argomento da poter utilizzare come foto di apertura. Il titolo non dovrà essere lungo più di 30 battute. Immagini, schemi, figure vanno inviate in formato jpg, tiff o gif in file separati. Si raccomanda di uniformare la lingua delle immagini a quella del testo.

I richiami bibliografici (non più di 30-35), da citare all'interno del testo, devono essere numerati progressivamente, con numeri arabi tra parentesi quadre. La bibliografia va riportata in fondo al testo secondo gli esempi:

- [1] D.W. Breck, Zeolite Molecular Sieves, J. Wiley, New York, 1974, 320.
- [2] R.D. Shannon, *Acta Crystallogr.*, 1976, **32**, 751.
- [3] U.S. Pat. 4.410.501, 1983.
- [4] Chemical Marketing Reporter, Schnell Publ. Co. Inc. (Ed.), June 15, 1992.
- [5] G. Perego *et al.*, Proceedings of 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Zeolites, Tokyo, 1986, Tonk Kodansha, Elsevier, Amsterdam, 129.

La redazione invita inoltre gli Autori ad inviare in allegato (fuori testo) con gli articoli anche fotografie o illustrazioni relative al contenuto, sia di tipo simbolico sia descrittivo, per migliorare l'aspetto redazionale e comunicativo (la direzione se ne riserva comunque la pubblicazione). Tutto il materiale deve essere inviato per e-mail a: dott. Anna Simonini, [anna.simonini@soc.chim.it](mailto:anna.simonini@soc.chim.it)