

# **Commenti sulla proposta dell'ECHA riguardante la Biodegradazione delle Microplastiche**

## **Dei partecipanti alle soluzioni sulle microplastiche**

p/a Meta.Consort Partnership, Groenenhoek 138, 2630 Aartselaar,  
Belgium, [hq@meta-consort.eu](mailto:hq@meta-consort.eu)

### **Sommario**

1 Origini e contesto

2 Definizioni

3 Principi fondamentali

3.1 Trattamento delle acque reflue

3.2 Effluente del trattamento delle acque reflue

3.3 Riciclaggio della plastica

3.4 Test di biodegradazione

4 Proposta dei partecipanti alle soluzioni sulle microplastiche

4.1 Criteri rigorosi

4.2 Accenno obbligatorio

4.3 Alternative

## APPENDICI

A Ulteriori proposte dell'ECHA sulla definizione

B Principi di chimica verde

C Lista di firmatari di questa proposta

D Lista di simpatizzanti di questa proposta

### **1 Origini e contesto**

Questi commenti riflettono le preoccupazioni sullo stato dell'ambiente globale, più specificamente sul sistema acquatico mondiale, da parte di piccole-medie imprese, organizzazioni in tutta Europa e oltre, consulenti scientifici di diverse discipline e cittadini informati. Essi tengono conto delle ultime scoperte e degli ultimi rapporti supportati scientificamente sulla difficile situazione attuale, in cui l'ambiente globale si è modificato a rapida velocità negli ultimi decenni.

Nella nostra visione, la società umana non può accettare ulteriormente e in alcun modo il continuo rilascio di microparticelle "aggiunte intenzionalmente" nell'ambiente globale, specie nel sistema acquatico, nella forma di rifiuti solidi o in qualunque altra forma, quando queste microparticelle non rispondono a rigorosi standard. L'attuale difficile situazione dei mari e degli oceani impone misure drastiche sulle scelte di tutti i materiali intenzionalmente introdotti nel metabolismo del pianeta, più specificamente nel sistema acquatico. Non aver considerato questo in passato ha portato all'inaccettabile situazione attuale. Il livello mondiale di inquinamento causato dalle microparticelle è così grave e onnipresente che né i processi abiotici né quelli biotici, né una combinazione di entrambi sono in grado di

disattivare questo inquinamento e consentire un'inversione di rotta nel breve periodo.

Tuttavia, ECHA ha redatto una proposta che è molto clemente verso le fonti e le tecnologie di produzione di particelle solide solubili e non solubili per cosmetici e detersivi, come pure sui tempi di transizione verso soluzioni migliori. La nostra convinzione è che questo rallenterà soltanto i cambiamenti, per quanto possibile, al fine di proteggere gli investimenti finanziari secondo una nozione di "rischio accettabile". Questo non è quel che è necessario fare per migliorare e risolvere la difficile situazione ambientale e non sarà ben accetto dal pubblico.

Gli autori di queste osservazioni non sono contrari all'uso di microparticelle solide solubili o non solubili "intenzionalmente aggiunte" in cosmetici e detersivi, se tali microparticelle offrono funzionalità e/o convenienza. Essi sono però convinti che è certamente possibile sostituire i materiali esistenti che costituiscono un peso per l'ambiente con altri che facilmente si adattino alle logiche degli ecosistemi. Comunque, per trovare reali soluzioni alla difficile situazione attuale, il metabolismo sofferente della natura vivente dovrebbe essere preso come punto di partenza e da lì si dovrebbero dedurre le tipologie di materiali, le forme e le quantità che possiamo impegnarci ad introdurre nei processi biotici e abiotici del pianeta.

## **2 Definizioni**

In assenza di una definizione di "plastica" nel regolamento REACH, si suggerisce di prendere la definizione REACH di "polimero" come punto di partenza. La seguente definizione normativa è proposta da ECHA:

*(...) "microplastica" indica un materiale che è costituito da solide particelle contenenti polimero alle quali possono essere*

*stati aggiunti additivi o altre sostanze e dove una quantità  $\geq 1\%$  w/w di particelle ha (i) dimensioni  $1\text{nm} \leq x \leq 5\text{mm}$ , o (ii), per le fibre, una lunghezza di  $3\text{nm} \leq x \leq 15\text{mm}$  e un rapporto lunghezza-diametro  $>3$ . I polimeri che si presentano in natura e non sono stati modificati chimicamente (fatta eccezione per l'idrolisi) sono esclusi, in quanto sono polimeri biodegradabili.*

REACH dà come definizione di “polimero”:

*(a) Più del 50 per cento del peso di quella sostanza è costituito da molecole di polimero (vedi la definizione sotto); e,  
(b) L'ammontare delle molecole di polimero che presentano lo stesso peso molecolare deve essere meno del 50 per cento del peso della sostanza. Nell'ambito di questa definizione, una “molecola di polimero” è una molecola che contiene una sequenza di almeno 3 unità di monomero legate in modo covalente ad almeno un'altra unità di monomero o altro reagente.*

Ecolabel UE, per i detergenti per lavastoviglie, dà una definizione di microplastica un po' diversa. Tuttavia, la normativa Ecolabel UE è valida solo per i prodotti che volontariamente sottostanno ai suoi standard, non per ogni singolo prodotto sul mercato:

*(...) “microplastica” indica particelle di plastica macromolecolare insolubile, di dimensioni inferiori ai 5 mm, ottenute attraverso uno dei seguenti processi:*

*(a) un processo di polimerizzazione come la poliaddizione o la policondensazione o un processo simile che impiega monomeri o altre sostanze di partenza;*

*(b) modificazione chimica di macromolecole naturali o sintetiche;*

*(c) fermentazione microbica.*

Nella proposta dell'ECHA, i polimeri che si presentano in natura ma non sono stati modificati chimicamente, fatta eccezione per l'idrolisi, e i polimeri biodegradabili non sono considerati microplastiche. Dalla definizione REACH di polimero sopra citata, non è esplicitamente chiaro se i polimeri biodegradabili possono essere modificati chimicamente o meno e, se così fosse, quali tecnologie sarebbero accettate e quali rifiutate: questo punto deve essere chiarito. Ulteriori definizioni suggerite da ECHA si possono trovare nell'Appendice A di questo documento.

### **3 Principi fondamentali**

Il principio fondamentale che potrebbe essere proposto per trattare gli scarti di tutti i materiali sintetici dovrebbe ancora essere la gerarchia del Ridurre-Riutilizzare-Riciclare i rifiuti<sup>1</sup>. Tuttavia, per molti prodotti di base questi principi forse non possono essere applicati: gli avanzi dei cosmetici e dei detersivi finiscono nelle acque reflue e nei rifiuti solidi, senza possibilità di riutilizzo o di riciclo degli stessi. Soltanto provvedimenti concernenti una rigorosa selezione degli ingredienti e delle materie prime nelle fasi di sviluppo e di produzione dei prodotti e la creazione di una nuova consapevolezza nel consumatore possono migliorare la difficile situazione<sup>2</sup>.

#### **3.1 Trattamento delle acque reflue**

Nell'Unione Europea gran parte delle acque reflue domestiche è raccolta e trattata in impianti di acque reflue locali o regionali prima di essere rilasciata nel sistema acquatico. Tuttavia:

1. Un grande e crescente numero di impianti di acque reflue opera in condizioni anaerobiche, mentre le normative sono ancora focalizzate su condizioni aerobiche.
2. Il tempo di ritenzione delle acque reflue negli impianti di trattamento deve essere conteggiato in ore anziché in giorni,
3. Molti materiali sintetici, solubili o non solubili, che finiscono nelle acque reflue non sono facilmente degradabili, soprattutto in condizioni non anaerobiche e marine.
4. I materiali sintetici, comprese le microplastiche solubili e quindi invisibili di origine petrolchimica, non possono essere trattenute o filtrate nel trattamento delle acque reflue.

L'inquinamento acquatico causato dalle microplastiche è considerevole, sebbene non sufficientemente monitorato e documentato:

*C'è un'urgente necessità di promuovere metodi analitici standardizzati migliori per il campionamento e la quantificazione delle microplastiche nell'ambiente marino, al fine di creare programmi di monitoraggio internazionale che potrebbero fornire i dati di base richiesti per comprendere la distribuzione spaziale e temporale delle microplastiche negli oceani aperti e costieri<sup>3</sup>.*

*Da quanto è stato riferito, i subacquei hanno individuato sacchetti di plastica e involucri di dolci nelle profondità della Fossa delle Marianne. Attualmente, uno studio sulle microplastiche presenti a varie profondità al largo della costa della California suggerisce che queste scorie sono più comuni*

*ad alcune centinaia di metri sotto la superficie, come riferiscono online gli scienziati il 6 giugno, nei Scientific Reports.*

*Utilizzando veicoli sottomarini azionati a distanza, i ricercatori hanno sondato le microplastiche nella Baia di Monterey ad una profondità compresa tra 5 e 1000 metri. Il team ha anche misurato gli inquinanti nell'intestino di 24 granchi rossi pelagici e in otto filtri di muco di larvacei giganti - entrambi ingeriscono particelle organiche più o meno delle stesse dimensioni delle microplastiche (SN Online: 8/16/17).*

*La concentrazione di particelle ad una profondità di 1000 metri era all'incirca la stessa che c'era ad una profondità di 5 metri, con una media di circa tre particelle per metro cubo. La plastica in acqua ad una profondità compresa tra i 200 e i 600 metri era più concentrata, con 10-15 particelle per metro cubo<sup>4</sup>.*

Intanto ci sono sempre maggiori prove che le microplastiche si siano fatte strada lungo la catena alimentare:

*Le microplastiche sono onnipresenti negli ecosistemi, ma il rischio di esposizione per l'uomo non è ancora chiaro.*

*Concentrandoci sull'alimentazione americana, abbiamo stimato il numero di particelle di microplastica negli alimenti consumati comunemente, in relazione al loro consumo giornaliero raccomandato.*

respects this without naming it

2 Circular Economy: Commission welcomes Council final adoption of new rules on single-use plastics to reduce marine plastic litter, Press Release, 21 May 2019, [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-19-2631\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-19-2631_en.htm)

3 Plastic Debris in the Ocean The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts, Situation Analysis Report, Florian Thevenon, Chris Carroll and João Sousa, IUCN 2016 [www.iucn.org](http://www.iucn.org)

4 C.A. Choy et al. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. Scientific Reports. Published online June 6, 2019. doi: 10.1038/s41598-019-44117-2.

*È stata esaminata anche la potenziale inalazione della microplastica e quanto l'origine dell'acqua potabile possa influire sul consumo di microplastica. La nostra analisi ha impiegato 402 punti dati di 26 studi che rappresentano oltre 3600 campioni elaborati.*

*Valutando*

*all'incirca il 15% dell'apporto calorico degli americani, stimiamo che il consumo annuale di microplastiche va da 39000 a 52000 particelle, a seconda dell'età e del sesso. Queste stime salgono a 74000 e 121000 se si considera l'inalazione.*

*Inoltre, le persone che assumono la dose raccomandata di acqua solo tramite acque in bottiglia potrebbero ingerire 90000 microplastiche in più all'anno, rispetto alle 4000 microplastiche di coloro che consumano solo acqua del rubinetto. Queste stime sono soggette a grandi variazioni; tuttavia, dati i limiti metodologici e relativi ai dati, tali valori sono probabilmente sottostimati<sup>5</sup>.*

### **3.2 Effluente post trattamento acque reflue.**

Come conseguenza del punto 3.4.1., i rifiuti insufficientemente o poco degradati raggiungono mari e oceani in grande quantità tramite i corsi d'acqua. Questo per il momento è difficile da stimare in modo affidabile, dato che la velocità media dell'acqua superficiale dipende in gran parte da diversi fattori esterni come gradiente, larghezza e profondità del letto del fiume ecc., e quindi sarà molto diversa tra i vari fiumi. Solo per una grande parte d'Europa ci vogliono un paio di giorni prima che l'effluente del trattamento delle acque reflue venga trasportato fino ai mari ed agli oceani. Questo può spiegare perché il Mediterraneo mostra un inquinamento documentato con diversi tipi di microplastiche. Le seguenti percentuali sono calcolate su particelle campionate  $> 700 \mu\text{m}^6$  :

- 0,3% di PET
- 1,2% di PVA
- 16% di PP
- 52% di PE

Il rilevamento di particelle di PVA è allarmante, dal momento che il PVA è considerato (bio) degradabile:

*Con l'avvento della nuova tecnologia che incapsula i polimeri naturali rinnovabili, il polivinil alcool è diventato molto interessante (anche economicamente) a causa della sua biodegradabilità, in determinate condizioni microbiche<sup>7</sup>.*

*Tuttavia, la produzione e l'uso di PVA stanno solo aumentando: Attualmente, Asia Pacifico, Nord America ed Europa sono i maggiori produttori/utilizzatori di alcool polivinilico. A livello regionale, nel Pacifico asiatico sono stati registrati 580,3 kilotoni di PVA nel 2016, con un tasso di crescita annuale globale (CAGR) del 5,5 per cento dal 2017 al 2025<sup>8</sup>.*

Le particelle di PVA possono essere originate, in parte, da attrezzi da pesca.

Tuttavia, lo studio di Suaria et al. nelle note a piè pagina, precisavano che sono state ricercate solo particelle galleggianti > 700 µm, non invece il PVA disciolto, ma non degradato. La presenza dell'1,2% delle particelle di PVA potrebbe indicare che non è facilmente degradabile. Potremmo anche supporre che le particelle di PVA e il PVA disciolto e non degradato si facciano strada nella catena alimentare.

5 Consumo umano di microplastiche, Kieran D. Cox, Garth A. Covernton, Hailey L. Davies, John F. Dower, Francis Juanes, Sarah E. Dudas, American Chemical Society, giugno 2019

6 Suaria G. et al., The Mediterranean Plastic Soup: polimeri sintetici nelle acque superficiali del Mediterraneo, Sci. Rep. 6, 37551; doi 10.1038 / srep37551 (2016)

7 <https://www.toppr.com/bytes/polyvinyl-alcohol/>

8 ibidem

### 3.3 Riciclaggio di plastica

Nell'attuale organizzazione sociale la raccolta e il riciclaggio di materie plastiche è ancora piuttosto limitato:

*In Europa, il recupero di energia (termovalorizzatori) è il modo più utilizzato per smaltire i rifiuti di plastica, seguito dalla discarica. Circa il 30% di tutti i rifiuti di plastica generati viene raccolto per il riciclaggio e il riciclaggio le tariffe per paese variano molto (...). La metà della plastica raccolta per il riciclaggio viene esportata per essere trattata in paesi al di fuori del UNIONE EUROPEA. I motivi dell'esportazione includono la mancanza di capacità, tecnologia o finanziari, in definitiva risorse per trattare i rifiuti localmente. In precedenza, una quota significativa della plastica veniva esportata in Cina, ma con il recente divieto del paese sulle importazioni di rifiuti di plastica, è sempre più urgente trovare altre soluzioni. La bassa percentuale di riciclaggio della plastica nell'UE comporta gravi perdite per l'economia e per l'ambiente. Si stima che il 95% del valore del materiale di imballaggio in plastica venga perso dopo un breve ciclo di primo utilizzo. Ogni anno, la produzione e l'incenerimento di plastica emettono circa 400 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> a livello globale, una parte delle quali potrebbe essere evitata attraverso un migliore riciclaggio<sup>9</sup>.*

### 3.4 Test di biodegradabilità

L'ECHA propone test di degradazione (bio) come l'OCSE 301B, 307, 308, 309 e 310 per il test di microplastiche, ma con cicli di prova estesi a 90 o anche 120 giorni invece dei soliti 28 giorni, e con temperature fino a 30 ° C. Tuttavia, questi test sono stati sviluppati per la prova di biodegradazione di tensioattivi solubili, non per microplastiche insolubili! Con le microplastiche solubili, la loro solubilità non è affatto un segno che deponga a favore di una biodegradabilità veloce o anche semplicemente sufficiente. Le microplastiche, sia insolubili che solubili, devono essere testate con metodi di prova appropriati. La microplastica media effettiva

non sarà facilmente degradabile in condizioni aerobiche e anaerobiche, in un tempo sufficiente per mantenere l'ambiente in buone condizioni di esercizio. Quindi non ha senso adottare lunghi cicli di degradazione in condizioni di temperatura non realistiche, seguendo metodi inappropriati, anche quando non è possibile mostrare una certa correlazione.

Inoltre c'è uno spreco di acqua molto importante. Laddove ci sia già un impianto di trattamento delle acque reflue, la separazione di microplastiche solubili ed insolubili non è agevole o impossibile. Ed una volta rilasciate queste sostanze nell'ambiente, i tempi di contatto con gli organismi acquatici sono così corti da non consentire la degradazione.

## **4 Microplastiche: Proposta di soluzioni.**

### **4.1 Criteri rigorosi**

Alla luce di quanto sopra, dovrebbe essere una scelta ovvia ed anche di buon senso proibire il rilascio nell'ambiente di materiali "volutamente aggiunti", comprese le microparticelle, siano esse solubili o insolubili, quando non rispondono a criteri rigorosi. Questi criteri sono ispirati ai principi della "Chimica verde" come definita da Anastas, Warner et al.<sup>10</sup>, vedi Appendice B:

1. Sostanze di origine vegetale da fonte rinnovabile (principio 7),
2. Trasformati solo da processi fisici, o da quelli che sono conformi ai principi di Green Chemistry (Principi 3 e 4),
3. Esente da additivi indesiderati o nocivi (come, ma non limitati a, mutageni, teratogeni e / o molecole cancerogene e / o interferenti endocrini) (Principi 4 e 5),
4. caratterizzate da una bassa tossicità acquatica (principio 4),
5. Velocemente e rapidamente biodegradabili sia in condizioni aerobiche che anaerobiche, o facilmente "compostabili" (Principio 10)
6. La biodegradazione testata con metodi adeguati e realistici.
7. Non rilasciare metaboliti stabili dopo degradazione o compostaggio (Principio 10)

9 News EU Parliament,

<http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212STO21610/plastic-waste-andrecycling-in-the-eu-facts-and-figures, 12/2018> <sup>10</sup> <https://global.oup.com/academic/product/green-chemistry-theory-and-practice-9780198506980?cc=be&lang=en&>

Questi criteri sono focalizzati sulla prevenzione e, nel loro insieme, rispondono al primo e più importante principio dell'approccio della Green Chemistry:

*1. Prevenzione. Prevenire la produzione di rifiuti è meglio che trattare o ripulire i rifiuti dopo averli prodotti<sup>11</sup>.*

## **4.2 Dicitura obbligatoria**

Inoltre, e nel rispetto del principio di precauzione, proponiamo che per quanto riguarda le microplastiche che non soddisfano i criteri di cui sopra e che siano comunque immesse sul mercato, debbano recare una dicitura obbligatoria che possa avvertire il consumatore che, quello che sta acquistando, non è un prodotto esente da problematiche ambientali.

## **4.3 Alternative**

Esistono diverse molecole che soddisfano queste caratteristiche e che sono state controllate e testate scrupolosamente. Forse costeranno leggermente di più ma questo sarà il prezzo da pagare per il rispetto dell'ambiente e della nostra salute. Non dimentichiamo che fino ad oggi costi, molto bassi, erano basati su prodotti petrolchimici e con regolamenti deboli o carenti, hanno generato la situazione attuale. Un'organizzazione senza scopo di lucro che documenta molte alternative per la plastica convenzionale è europea Bioplastiche

<https://www.european-bioplastics.org>

*Oggi esiste un'alternativa di bioplastica per quasi tutti i materiali plastici convenzionali e l'applicazione corrispondente. Bioplastiche: materie plastiche a base biologica, biodegradabili o entrambe - hanno le stesse proprietà della plastica convenzionale e offrono ulteriori vantaggi, come ad esempio un'impronta di carbonio ridotta ed opzioni di gestione dei rifiuti come il compostaggio.*

*Le bioplastiche sono una parte essenziale della bioeconomia e un'industria innovativa in rapida crescita che ha il potenziale per dissociare la crescita economica dall'esaurimento delle risorse e impatto ambientale. Le bioplastiche sono una famiglia diversificata di materiali con proprietà diverse.*

Alcuni tra i maggiori produttori di detergenti hanno annunciato pubblicamente scadenze ancora più impegnative proponendo rispettivamente il 2020 e il 2022 l'eliminazione gradualmente dell'uso delle microplastiche negli opacizzanti e delle fragranze microincapsulate, prodotti per i quali altri grandi produttori si oppongono alla loro inclusione nel vedi proposta dell'ECHA<sup>12</sup>.

Diverse PMI hanno sviluppato alternative che sono state menzionate nella conferenza dell'ECHA nel corso della presentazione di maggio 2019<sup>13</sup>, visibile anche in formato video<sup>14</sup>

Diamo per scontato che la posizione ECHA sia conseguente e spinga da incentivo ai grandi produttori per ulteriori sviluppi ed implementazioni.

Chiunque intenda supportare questa posizione può inviare una mail a <https://echa.europa.eu/it/contact/other> oppure a [hq@meta-consort.eu](mailto:hq@meta-consort.eu) (Peter Malaise) che le inoltrerà direttamente agli uffici competenti di ECHA.

Il testo potrebbe essere questo: “Buongiorno, io supporto il contenuto e le finalità del documento sulle microplastiche:

<https://www.ecobiocontrol.bio/media/1205/echa-posizione-ecobiocontrol.pdf>

11 [https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_chemistry](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_chemistry)

12 <https://www.henkel.com/sustainability/positions/microplastics>

13 <https://echa.europa.eu/-/safer-chemicals-2019>

14 <https://www.youtube.com/watch?v=XmDS75a82yg&feature=youtu.be&t=13221>

## **ALLEGATI**

### **A: Altre proposte di definizione dell'ECHA:**

- "microsfere" indica una microplastica utilizzata in una miscela come abrasivo, ad es. Per esfoliare, lucidare o pulire.
- "polimero": una sostanza ai sensi dell'articolo 3, paragrafo 5, del regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH).
- la "particella" è una minuscola materia con contorni fisici definiti; il confine è un'interfaccia.
- "particella contenente polimero" significa una particella di qualsiasi composizione con un rivestimento continuo superficiale polimerico di qualsiasi spessore o una particella di qualsiasi composizione con un polimero contenuto in quantità  $\geq 1\%$  p / p.
- "solido" indica una sostanza o una miscela che non soddisfa le definizioni di liquido o gas.
- "gas": una sostanza che a 50 ° C ha una tensione di vapore superiore a 300 kPa o che è completamente gassoso a 20 ° C a una pressione standard di 101,3 kPa.
- "liquido": una sostanza o miscela che a 50 ° C ha una tensione di vapore non superiore 300 kPa (3 bar); non è completamente gassoso a 20 ° C e ad una pressione standard di 101,3 kPa; e che ha un punto di fusione o un punto di fusione iniziale di 20 ° C o inferiore a una pressione standard di 101,3 kPa.

### **B: Principi di chimica verde**

- Prevenzione. Prevenire i rifiuti è meglio che trattare o pulire i rifiuti dopo che sono stati creati.
- Economia atomica. I metodi sintetici dovrebbero cercare di massimizzare l'incorporazione di tutti i materiali utilizzati nel processo nel prodotto finale. Ciò significa che verranno generati meno rifiuti.
- Sintesi chimiche meno pericolose. I metodi di sintesi dovrebbero evitare l'uso o la generazione di sostanze tossiche per l'uomo e / o l'ambiente.
- 4. Progettazione di prodotti chimici più sicuri. I prodotti chimici dovrebbero essere progettati per raggiungere i risultati desiderati pur essendo il più atossici possibile.
- 5. Solventi e ausiliari più sicuri. Le sostanze ausiliarie dovrebbero essere evitate ove possibile e gestite come le più pericolose possibile quando devono essere utilizzati per forza.
- 6. Progettare per l'efficienza energetica. Il fabbisogno energetico dovrebbe essere ridotto al minimo e i processi dovrebbero essere condotte a temperatura e pressione ambiente, quando possibile.
- 7. Utilizzo di materie prime rinnovabili. Ogni volta che è possibile farlo, si devono utilizzare materie prime rinnovabili.
- 8. Ridurre i derivati. Generazione non necessaria di derivati, come l'uso di gruppi protettivi - dovrebbe essere ridotto al minimo o evitato se possibile; tali passaggi richiedono reagenti aggiuntivi e possono generare rifiuti aggiuntivi.
- 9. Catalisi. I reagenti catalitici che possono essere utilizzati in piccole quantità per perpetuare una reazione sono preferibili ai reagenti stechiometrici (quelli che vengono consumati in una reazione).

- 10. Progettare per il degrado. I prodotti chimici dovrebbero essere progettati in modo tale da non inquinare ambiente; quando la loro funzione è completa, dovrebbero trasformarsi in prodotti non nocivi.
- 11. Analisi in tempo reale per la prevenzione dell'inquinamento. Le metodologie analitiche devono essere ulteriormente sviluppate per consentire il monitoraggio e il controllo in tempo reale durante il processo produttivo.
- 12. Chimica intrinsecamente più sicura per la prevenzione degli incidenti. Quando possibile, le sostanze impiegate in un processo di sintesi e le forme di tali sostanze dovrebbero essere scelte per ridurre al minimo i rischi quali esplosioni, incendi e rilasci accidentali.