

Pianificare e Ristrutturare la
Ricerca e l'Innovazione in Italia
per una Chimica Sostenibile

IT-SusChem

Questo documento è una versione di sintesi del documento di riferimento elaborato dalla Piattaforma Italiana per una Chimica Sostenibile (IT-SusChem). Il documento di riferimento è disponibile sul sito:

<http://www.unibo.it/Portale/Ricerca/consultazione nazionale.htm>.

Il documento di riferimento è in inglese per permetterne una diffusione più ampia in ambito Europeo e una coordinazione con la Piattaforma Tecnologica Europea per una Chimica Sostenibile (ETP-SusChem, www.suschem.org).

1. Introduzione

1.1 - Premesse

L'Italia e l'Europa sono testimoni di cambiamenti drammatici, la cui rilevanza e segnali di transizione vengono spesso sottostimati:

- La crescita molto rapida di nuove economie, il cui costo del lavoro e il potenziale di mercato stanno progressivamente alterando l'attuale modello di sistema produttivo, e diminuendo drasticamente la disponibilità di risorse naturali e di materie prime.
- La globalizzazione dei problemi ambientali, dalla disponibilità di acqua all'effetto dei gas serra, che impone di non ritardare ulteriormente l'introduzione di nuove tecnologie atte a diminuire l'impatto degli attuali sistemi produttivi sulla società futura.
- La necessità di una "azione locale", per preservare la qualità della vita e dell'ambiente, sta diventando un elemento chiave nelle decisioni della società. Questo richiede il cambiamento da un modello di sviluppo centralizzato a un nuovo modello di produzione delocalizzata, anche e soprattutto nel settore energetico.
- La disponibilità di risorse e di materie prime, di cibo e di energia sta diventando un elemento primario nella definizione delle strategie future.
- I progressivi cambiamenti climatici e l'aumento della povertà e delle tensioni sociali stanno accelerando i fenomeni di migrazione.
- I cambiamenti climatici, in sinergia con i problemi ambientali, sono la causa principale della diminuzione di disponibilità di risorse strategiche per la società. Per esempio, la quantità e la qualità delle risorse idriche sta progressivamente peggiorando in varie zone d'Italia, con conseguenze negative sull'agricoltura e, in definitiva, sulla società.
- Il progressivo invecchiamento della popolazione sta modificando i parametri di valutazione della qualità della vita, con un aumento dell'importanza della salute e della cura della persona.
- I progressi nella scienza, ad esempio nel settore delle nano- e bio-tecnologie, offrono nuove soluzioni per i problemi della società.
- I progressi nelle telecomunicazioni offrono nuove possibilità per un modello di società basato sulle reti interconnesse. Questo permetterà anche di modificare il modello di sviluppo socio-economico, con transizione da un sistema produttivo e di generazione dell'energia centralizzata, ad uno basato sulla produzione delocalizzata, ma integrata a livello di rete.

Questi cambiamenti possono generare conflitti, ma rappresentano anche un'opportunità per la nostra società, se sarà capace di reagire positivamente ad essi. Per far questo è necessario accelerare la transizione verso una società basata sulle conoscenze e un sistema di produzione che integri in maniera bilanciata gli aspetti economici, di protezione dell'ambiente e di qualità della vita.

Per sfruttare questa opportunità è necessario sviluppare un'alleanza strategica ed intellettuale che permetta uno sforzo concertato a lungo termine, e che sia condiviso e supportato da tutti gli attori del settore. Questa alleanza permetterà anche di stabilire un insieme coordinato di azioni e un contesto socio-economico che stimoli l'innovazione, in un quadro generale di salvaguardia dell'ambiente e della società.

1.2 - Chimica, un motore dell'innovazione

La chimica, la scienza di creare, controllare e modificare i prodotti e i materiali a livello molecolare, pervade tutta la nostra società. La chimica parte dalle risorse naturali (petrolio, gas, biomasse, ecc.) e le funzionalizza progressivamente per produrre la maggior parte dei materiali di uso quotidiano. La chimica ci nutre, ci veste, ci fornisce i materiali per la nostra abitazione, per il nostro divertimento e per il nostro lavoro, ci fornisce l'energia per le nostre attività quotidiane. Una chimica realizzata e gestita correttamente ci permette di conservare le risorse naturali e di preservare l'ambiente.

Nuovi sviluppi sono alle porte nel campo delle scienze chimiche: nuovi prodotti anti-cancro, anti-invecchiamento e per la prevenzione delle malattie, nuovi processi di produzione più puliti e sostenibili, nuove soluzioni per l'energia, per migliorare la qualità dell'alimentazione e per l'agricoltura. La chimica fornisce materiali funzionali che permettono a veicoli ed aerei di essere più leggeri, riducendo quindi il consumo energetico, alle nostre abitazioni di essere più sicure, confortevoli ed energeticamente più efficienti, riducendo le emissioni di gas ad effetto serra.

La chimica è quindi un elemento centrale per il mantenimento di obiettivi primari della società: disponibilità di fonti energetiche, qualità della vita, sicurezza, ambiente, salute.

La chimica è un elemento importante dell'economia in Italia, con un fatturato di circa 55 Miliardi € nel 2006 (quarto posto in Europa), un export di 21 Miliardi € nel 2006, con un tasso di crescita del 3% e un numero di lavoratori nel settore di circa 200.000 unità. La Lombardia è la seconda regione d'Europa nel settore della chimica per numero di lavoratori e la prima per numero di imprese (Fonte: Federchimica).

1.3 - Creare un'alleanza strategica ed intellettuale per una chimica sostenibile.

La creazione di un'alleanza strategica ed intellettuale per una chimica sostenibile, che coinvolga in un'azione concertata tutti gli attori del settore chimico presenti in Italia (Università e centri di ricerca, industrie, associazioni di settore, enti di finanziamento e regolazione, associazioni ambientali e dei consumatori, ecc.) è quindi l'elemento critico per iniziare un cammino virtuoso che porti ad un'accelerazione dell'innovazione e favorisca la transizione verso una economia sostenibile basata sulle conoscenze. L'innovazione è la chiave per la sopravvivenza dell'industria chimica e di tutto il settore manifatturiero che da essa dipende. Questo richiede un'azione concertata tra i livelli regionali, nazionale ed europeo.

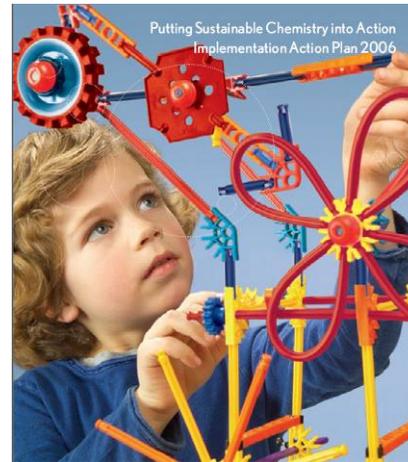
Quindi il raggiungimento degli obiettivi indicati richiede una integrazione anche a livello europeo. La Commissione Europea ha stimolato l'organizzazione autonoma di alcuni settori strategici per l'Europa. Questo ha portato alla creazione di una trentina di Piattaforme Tecnologiche Europee, tra cui quella per una Chimica Sostenibile (ETP-SusChem, www.suschem.org) rappresenta il punto di riferimento per IT-SusChem.



1.4 – La Piattaforma Tecnologica Europea per una Chimica Sostenibile

La Piattaforma Tecnologica Europea per una Chimica Sostenibile (ETP-SusChem) ha iniziato le sue attività nel Luglio 2004, per unire gli sforzi dell'accademia, di industrie, PMI, organizzazioni non governative e degli altri attori del settore per accelerare gli investimenti per la ricerca, lo sviluppo e l'innovazione nella chimica in Europa. ETP-SusChem è strutturata in tre settori principali:

- **Bioteconologie Industriali.** Le principali tematiche di ricerca sono lo sviluppo di nuovi processi e prodotti eco-efficienti da materie prime rinnovabili, attraverso l'impiego di nuovi o migliorati microorganismi e/o enzimi in dedicati nuovi e/o ottimizzati bioreattori .
- **Tecnologie dei Materiali,** focalizzate sui materiali innovativi per il miglioramento della qualità della vita, anche attraverso il contributo delle nanotecnologie. Le aree di applicazione includono (i) materiali funzionali ed intelligenti, (ii) sistemi intelligenti per la creazione, lo stoccaggio, il trasporto e la conversione dell'energia, e (iii) progettazione razionale dei materiali.
- **Progettazione delle reazioni e dei processi,** ovvero un approccio integrato per il miglioramento dei processi produttivi e della qualità della produzione chimica. Nuove tecnologie contribuiranno all'intero processo di sviluppo dei prodotti, attraverso l'utilizzo di catalizzatori e vie sintetiche, la progettazione degli impianti e la logistica del processo produttivo. La progetta-



zione delle reazioni si integra in maniera complementare con le altre aree tematiche.

Un'ultima area riguarda gli **Aspetti Orizzontali**, ovvero quelle attività quali educazione, training, comunicazione, ecc. che sono trasversali alle tre aree tematiche indicate.

Sono stati prodotti tre documenti disponibili sul sito: <http://www.suschem.org>

- *The vision for 2025 and beyond* (Marzo 2005), che definisce la visione, proiettata nei prossimi 20 anni, sul contributo della chimica sostenibile alla risoluzione dei problemi della società.
- *Sustainable Chemistry Strategic Research Agenda (SRA) 2005* (Nov. 2005), ove i concetti esposti nel primo documento trovano una definizione in termini di priorità.
- *Putting Sustainable Chemistry into Action, Implementation Action Plan (IAP) 2006* (Dic. 2006), ove le priorità elencate nell'Agenda Strategica per la Ricerca sono definite in termini di specifiche attività, loro sequenza logica, e di risorse necessarie per la loro realizzazione. Le priorità e le attività sono organizzate in otto tematiche:
 1. Economia basata sulle bio-risorse.
 2. Energia.
 3. Cura della salute.
 4. Tecnologie dell'informazione e comunicazione.
 5. Nanotecnologie.
 6. Qualità sostenibile della vita.
 7. Progettazione sostenibile di prodotti e processi.
 8. Trasporti.

1.5 – Creare una sinergia tra le iniziative a livello regionale, nazionale ed europeo

L'integrazione tra le iniziative regionali e nazionali, e quelle condotte a livello europeo, è la chiave per realizzare la visione e il piano di azione di SusChem. Per questo motivo si è resa necessaria la creazione di una Piattaforma Tecnologica Italiana per una Chimica Sostenibile (IT-SusChem), che vuole realizzare questa integrazione nei settori della chimica, dell'ingegneria chimica e delle biotecnologie.

IT-SusChem porta avanti un'azione concertata tra tutti i principali attori del settore, condivisa nelle priorità con le associazioni ambientali e gli organismi non governativi. Essa vuole essere il punto di incontro per favorire l'innovazione nell'industria italiana, anche attraverso la partecipazione di banche di investimento.

IT-SusChem promuove la partecipazione delle PMI nei programmi europei e lo sviluppo di meccanismi efficienti che facilitino il trasferimento tecnologico e l'innovazione.

Un'alleanza strategica può facilitare la partecipazione e la probabilità di successo delle industrie italiane nell'ambito di progetti europei, facilitando l'allineamento dei programmi di ricerca, le sinergie e l'integrazione delle competenze. Può inoltre catalizzare l'accesso a *venture capital*, e favorire la confidenza e la fiducia del pubblico e della società nei confronti delle nuove tecnologie. Può infine essere un punto di riferimento fondamentale per le strategie politiche nel settore.

Anche il processo educativo, e le relazioni accademia-industria potranno beneficiare di questo approccio. La creazione di capacità nei giovani è un elemento essenziale per dare supporto allo sviluppo economico in Italia.

Quindi IT-SusChem vuole essere un punto di collegamento e integrazione per i programmi di ricerca e sviluppo in Europa, ma anche un elemento chiave

per pianificare il futuro in Italia, attraverso la definizione di obiettivi condivisi e di azioni concertate. Questo permetterà a tutto il settore della chimica di rispondere più velocemente alle necessità della società e del paese, e di accelerare il processo di trasferimento del patrimonio di idee e conoscenze all'innovazione industriale.

Sostenere IT-SuChem permetterà quindi di:

- Integrare più efficacemente gli interessi regionali e nazionali e le loro specificità con lo sforzo per l'innovazione a livello europeo.
- Accelerare l'allineamento tra i programmi di ricerca e sviluppo nazionali e regionali con quelli europei, in settori strategici quali la chimica, le biotecnologie e l'ingegneria industriale.
- Sviluppare un'alleanza strategica tra ricerca, educazione, sistema produttivo e società.
- Migliorare la collaborazione tra industria ed accademia nei settori chimico, dell'ingegneria chimica e delle biotecnologie.
- Accelerare l'innovazione e la competitività delle PMI e delle industrie protagoniste dello sviluppo economico nel settore chimico.



1.6 – La Piattaforma Italiana per una Chimica Sostenibile (IT-SusChem)

La Piattaforma Italiana per una Chimica Sostenibile (IT-SusChem) è un'attività *aperta e trasparente*. L'obiettivo è la creazione di un'alleanza strategica e intellettuale tra industrie, centri e istituzioni di ricerca ed educativi, associazioni di settore e gruppi di interesse, organizzazioni ambientali e non governative, istituzioni governative e politiche, ed in generale tutti gli attori del settore chimico. Questa alleanza vuole essere il punto d'incontro per definire strategie concertate e azioni condivise per il miglioramento dell'innovazione e della ricerca nel settore, e per rendere effettiva una partnership tra pubblico e privato.

L'industria chimica, attraverso la coordinazione di Federchimica, e l'accademia, sotto la guida dell'Università di Bologna per delega della CRUI (Conferenza dei Rettori delle Università Italiane), hanno iniziato a lavorare assieme per dare vita a questa piattaforma a partire dal Marzo 2006.

IT-SusChem è gestita da un comitato promotore e da un comitato scientifico, nominati dai partecipanti alla piattaforma in rappresentanza dei seguenti settori tecnologici:

1. Biotecnologie Industriali.
2. Tecnologie dei Materiali.
3. Progettazione delle Reazioni e dei Processi.

Aspetti trasversali sono presenti nella quarta area tematica

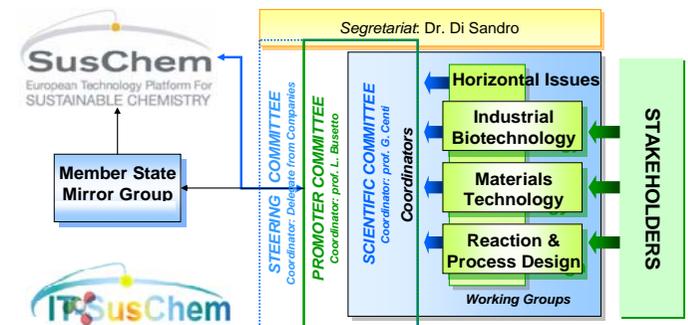
4. Aspetti Orizzontali.

Ulteriori dettagli, e la documentazione relativa alle attività svolte, sono disponibili sul sito:

<http://www.unibo.it/Ricerca/ITSusChem.htm>

Il lancio ufficiale della Piattaforma si è svolto a Bologna il **23 Ottobre 2006**. Hanno partecipato circa 350 delegati, di cui numerosi in rappresentanza degli oltre cento *stakeholders* (Industrie, Laboratori Privati di Ricerca, Università e Consorzi Interuniversitari, Centri di Ricerca, altre Istituzioni e Banche) che alla data del lancio avevano dato il loro consenso formale per partecipare alla piattaforma. Il numero degli *stakeholders* è cresciuto ad oltre 150 nel Gennaio 2007. La lista attuale è riportata in fondo a questo documento.

Durante la fase preparatoria è stato messo a punto un documento, presentato in occasione dell'evento. E' stata poi aperta una consultazione pubblica sul documento, e la versione finale, che ha recepito i vari commenti inviati, è stata illustrata in occasione di una giornata di presentazione svoltasi a Milano, il **26 febbraio 2007**. Il documento complessivo, di cui questo costituisce una sintesi, è disponibile sul sito: <http://www.unibo.it/Portale/Ricerca/consultazionenazionale.htm>.



2. Il contributo di IT-SusChem allo sviluppo in Italia

2.1 - Una energia sicura e sostenibile

Un elemento cruciale per lo sviluppo dell'economia e della società in Italia è rappresentato da una maggior certezza di approvvigionamento delle risorse energetiche, da realizzare mediante un loro utilizzo più razionale ed un aumento della efficienza, ma anche attraverso una delocalizzazione della produzione di energia e la creazione di tecnologie per lo sfruttamento delle risorse rinnovabili. Esiste la necessità di ripensare alle fonti energetiche ed al loro utilizzo, essendo quelle attuali limitate e condizionate da fattori geo-politici.

Varie priorità di questo documento riguardano questi aspetti, in quanto rappresentano aree di studio attive in Italia, ed un collegamento importante con le priorità in ambito europeo:

- *Sviluppo di sorgenti di energia alternative:* (i) nuovi materiali e approcci per celle fotovoltaiche, (ii) processi catalitici per la produzione di biocombustibili, (iii) celle a combustibile (a bassa e ad alta temperatura), (iv) produzione efficiente di idrogeno, (v) uso dell'energia solare per la produzione fotoelettrocatalitica di idrogeno da acqua e la conversione di anidride carbonica a combustibili, (vi) valorizzazione di rifiuti e residui per produrre energia.
- *Risparmio energetico attraverso l'utilizzo di nuovi materiali e tecnologie:* (i) sistemi di illuminazione con LEDs e dispositivi elettrocromici, (ii) nuovi materiali nanostrutturati (quali le nanoschiume) per un miglioramento dell'isolamento in edifici, (iii) nuovi materiali per la riduzione delle perdite durante il trasporto dell'energia, (iv) tecnologie per una produzione distribuita dell'energia, (v) riduzione del consumo energetico

dei processi produttivi, (vi) materiali per ridurre il consumo energetico nel trasporto.

- *Miglioramento dell'accumulo, trasporto e conversione dell'energia:* (i) nuove batterie e supercapacitori, (ii) nuove reti energetiche basate su energie rinnovabili, (iii) dispositivi termoelettrici per convertire il calore in elettricità, (iv) materiali ibridi ad alta capacità per l'accumulo e il trasporto di metano ed idrogeno.

Questi temi trovano risonanza nel progetto visionario di SusChem: *Smart Energy Home*, a cui IT-SusChem partecipa.

2.2 - Smart living

Smart living indica quell'insieme di tecnologie e prodotti della chimica per la salute e la bellezza, per la diagnostica e il monitoraggio, per il controllo della qualità dell'aria in ambienti chiusi (auto, casa), le superfici auto-pulenti ecc., che portano ad un miglioramento della qualità della vita.

Il numero di esempi è grande, per la grande varietà di aspetti della nostra vita che dipendono dalla chimica. Nell'ambiente domestico numerose innovazioni sono possibili, da nuovi sistemi efficienti per il lavaggio degli indumenti all'implementazione di dispositivi a ridotto consumo energetico. Superfici funzionalizzate possono eliminare gli odori, superfici auto-pulenti fotocatalitiche possono ridurre la quantità di detersivi e il tempo necessario per la pulizia. In ospedali e ambienti chiusi dispositivi catalitici possono mantenere sterile l'aria, riducendo i pericoli di infezioni.

Sistemi catalitici e biosensori all'interno dell'imballaggio del cibo possono aumentarne il tempo di vita eliminando l'ossigeno residuo, oppure indicarne la

degradazione mediante un segnale visivo. Materiali "intelligenti" possono essere incorporati in vari dispositivi per monitorarne lo stato o per tracciarne la produzione.

Nuove tecniche di nanoprogettazione permettono di preparare dispositivi elettronici basati su materiali plastici, per essere introdotti a basso costo in numerosi dispositivi.

Nuovi materiali sono disponibili per integrare la diagnostica con la introduzione mirata di medicine sulle cellule danneggiate, per una medicina rigenerativa, per nuovi sistemi di visualizzazione preventiva delle malattie. Nanosensori permettono di monitorare in tempo reale lo stato dei vari organi del paziente durante le operazioni e/o la degenza.

Questi sono alcuni dei numerosi esempi di come i nuovi materiali in fase di sviluppo, basati su principi di assemblaggio molecolare e supramolecolare, permetteranno di cambiare completamente il nostro stile di vita in un prossimo futuro.

2.3 - Un ambiente pulito

La catalisi fornisce soluzioni per numerosi dei problemi ambientali, dalla depurazione delle emissioni da sorgenti mobili o fisse, alla decontaminazione di acqua e suolo, alla riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e della produzione di rifiuti. Attraverso un miglioramento delle conoscenze in questi processi, nuove tecnologie chimiche potranno portare ad un ulteriore salto di qualità nella protezione dell'ambiente, ad esempio:

- Rimediazione (bio)catalitica del suolo e dell'acqua, purificazione dell'acqua potabile e marina.
- Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, in particolare ossidi d'azoto e metano in emissioni industriali, e conversione di anidride carbonica a combustibili utilizzando l'energia solare.
- Nuove tecnologie eco-efficienti di trattamento delle emissioni.

- Introduzione di fotocatalizzatori nella pavimentazione o in rivestimenti di edifici, per l'eliminazione passiva di inquinanti dall'ambiente urbano.
- Nuovi dispositivi catalitici per la riduzione ulteriore delle emissioni da autoveicoli, in particolare da quelli ad alta efficienza energetica.
- Nuovi polimeri per le gomme delle ruote di autoveicoli, in grado di ridurre il consumo e la formazione di particolato.

2.4 - Uso razionale delle risorse

La disponibilità limitata di risorse, sia energetiche che materie prime, impone di trovare soluzioni alternative, di limitarne il consumo e di utilizzare risorse rinnovabili. E' necessario introdurre tecnologie per l'utilizzo dell'energia solare e lo sfruttamento delle biomasse, sia per fini energetici che chimici (integrati in bioraffinerie), preservare l'agricoltura valorizzandone sia la produzione che gli scarti, ampliare l'utilizzo di polimeri basati su materie rinnovabili e biocompatibili, introdurre nuovi materiali compositi strutturali che permettano un risparmio nell'utilizzo dei mezzi di trasporto.

Per un utilizzo su larga scala delle biomasse come materia prima per la chimica è necessario ridefinire la struttura dell'industria chimica stessa, in quanto buona parte degli attuali processi non è applicabile nella sua attuale configurazione. Essendo l'industria chimica altamente integrata, questo può richiedere il cambiamento non solo dei singoli processi, ma di tutta la filiera produttiva.

La diversificazione delle materie prime nell'industria chimica richiede anche lo sviluppo di nuovi processi di conversione di alcani, per ridurre la dipendenza dal petrolio. Nuove tecnologie sono necessarie anche per sviluppare processi miniaturizzati che permettano lo sfruttamento locale di risorse, altrimenti troppo costose se trasportate in impianti centralizzati.

2.5 - Prodotti per una migliore qualità della vita

Le biotecnologie industriali permettono di sviluppare processi più efficienti per sintetizzare medicine, additivi e componenti per l'alimentazione, la salute ed il benessere.

La qualità della vita dei cittadini può essere migliorata con nuovi materiali per la comunicazione e per una mobilità sostenibile, con nuove formulazioni cosmetiche, con nuovi tessuti che permettano un miglior comfort, con nuovi additivi e rivestimenti che riducano l'invecchiamento dei materiali, con sensori che permettano il monitoraggio ambientale, con batterie più durature, con materiali per applicazioni biomedicali.

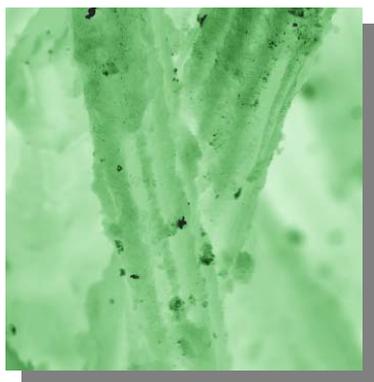
Nuove generazioni di catalizzatori permetteranno di ridurre o eliminare la produzione di sottoprodotti e/o rifiuti, sistemi biomimetici, in grado di simulare quanto avviene in natura, permetteranno di realizzare nuovi materiali per un vasto campo di applicazioni, dai superadesivi ai materiali per la riparazione del tessuto umano, ai nanomotori.

2.6 - Creazione di posti di lavoro attraverso una migliore competitività industriale

La competitività del settore chimico industriale è importante non solo per il mantenimento dell'occupazione, ma in quanto volano di innovazione per tutto il comparto manifatturiero. Quindi creare innovazione nella chimica si traduce nel miglioramento di ampi settori produttivi.

Il modello di società in Italia richiede un'industria competitiva, e che sia nel contempo rispettosa dell'ambiente e promotrice di sviluppo. I due aspetti non sono tra loro in opposizione, ma possono operare in sinergia trasformando l'industria chimica da produttore di materiali a produttore di conoscenze e tecnologie.

Controllare la scala molecolare (attraverso le nano- e biotecnologie, ad esempio) porta a nuove generazioni di prodotti ad elevato valore aggiunto per applicazioni in numerosi settori, con la creazione di posti di lavoro diretti e indiretti, e aprendo nuove possibilità per le PMI.



3. Ristrutturare e Pianificare la Ricerca e l'Innovazione in Italia

Questa sezione riporta un breve sommario delle principali priorità individuate nel documento completo (disponibile sul sito

http://www.unibo.it/Portale/Ricerca/consultazione_nazionale.htm),

che analizza in dettaglio la situazione dell'industria italiana nel settore chimico, ed individua e discute le strategie per il miglioramento della competitività e la realizzazione di una sinergia con le priorità a livello europeo. Il documento complessivo identifica anche le azioni necessarie per raggiungere le priorità individuate.

E' necessario precisare che sebbene per ragioni funzionali l'area della chimica sostenibile sia stata suddivisa in tre macro-sezioni, in analogia a quanto fatto per la piattaforma tecnologica europea di chimica sostenibile (ETP-SusChem), esistono numerosi punti di contatto e inter-relazione tra le priorità discusse in queste tre sezioni, in quanto ogni approccio moderno ad una chimica sostenibile deve essere inter- e multi-disciplinare.

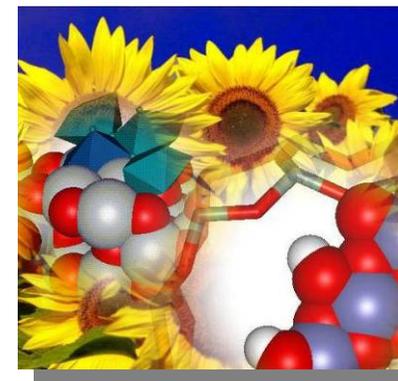
In alternativa, le priorità indicate nel documento possono essere lette facendo riferimento alle principali aree prioritarie indicate nel 7° Programma Quadro della Comunità Europea (FP7):

1. Economia basata sulle bio-risorse.
2. Energia.
3. Cura della salute.
4. Tecnologie dell'informazione e comunicazione.
5. Nanotecnologie.
6. Qualità sostenibile della vita.
7. Progettazione sostenibile di prodotti e processi.
8. Trasporti.

Tuttavia, poiché l'obiettivo di questo documento è fornire una base concertata per politiche di ristrutturazione e pianificazione della ricerca in Italia nel settore della chimica sostenibile, piuttosto che costituire un piano specifico di implementazione di un'agenda strategica della ricerca, si è preferito mantenere l'organizzazione per macro-aree tematiche, ovvero:

1. Biotecnologie Industriali
2. Tecnologie dei Materiali
3. Progettazione delle Reazioni e dei Processi

oltre ad una quarta area trasversale relativa agli Aspetti Orizzontali.



3.1 - Biotecnologie Industriali ed Ambientali

Si possono individuare le seguenti sette priorità strategiche per la ricerca e lo sviluppo nel settore delle biotecnologie industriali ed ambientali in Italia:

- Selezione di nuovi enzimi e micro-organismi di interesse industriale ed ambientale;
- Caratterizzazione e ottimizzazione dei biocatalizzatori;
- Miglioramento dei biocatalizzatori (enzimi e micro-organismi) attraverso tecniche genomiche, proteomiche, metabolomiche, bioinformatiche e computazionali;
- Ingegneria metabolica;
- Progettazione di processi biocatalitici innovativi;
- Progettazione e sviluppo di processi fermentativi e biodegradativi innovativi;
- Processi innovativi per il recupero del prodotto.

Queste priorità di ricerca devono essere integrate perchè possano essere applicate con successo nella conversione di biomasse, rifiuti organici, sottoprodotti, effluenti e *surplus* agroalimentari in *fine-chemicals*, bioprodotto, biocombustibili e biorisanamento. Le principali sfide scientifiche e tecnologiche in questo settore sono infatti le seguenti:

Per i processi a partire da biomasse

- Identificare le biomasse competitive in Italia in relazione alle caratteristiche del suolo, disponibilità complessiva e stagionale, prezzo, etc;
- Effettuare analisi del ciclo di vita e dell'eco-efficienza del processo per selezionare le biomasse preferibili;
- Sviluppare e ottimizzare processi efficienti per convertire le biomasse a zuccheri e biomolecole fermentabili combinando varie tecniche;

- Creare un valore aggiunto per i co- e sottoprodotti dell'industria agroalimentare, per migliorare l'economicità;
- Sviluppare bioprocessi basati su materie prime alternative, quali materiale ligno-cellulosico o glicerina, per un uso integrato energetico e chimico;
- Sviluppare processi fermentativi a ciclo chiuso, dove i sottoprodotti di un processo sono la materia prima per un altro.

Per l'area dei bioprocessi e bioprodotto:

- Sviluppare processi più efficienti;
- Sviluppare bioprodotto con caratteristiche superiori da impiegare nelle applicazioni esistenti;
- Sviluppare bioprodotto innovativi per nuove applicazioni.

Per l'area delle bioenergie:

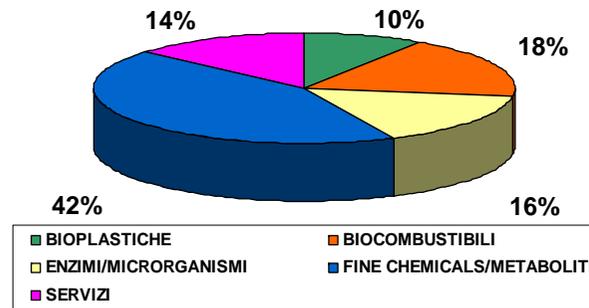
- Isolare/ottimizzare enzimi per pretrattamenti ed enzimi e microrganismi "robusti" per processi di fermentazione di biomasse e rifiuti e capaci di convertire direttamente la ligno-cellulosa in etanolo e/o altri biocombustibili e/o biomolecole;
- Incrementare l' economicità di queste tecnologie;
- Sviluppare nuovi processi di fermentazione basati su glicerina (derivante da biodiesel) e CO₂ come fonti di carbonio.

Per il biorisanamento;

Le biotecnologie possono rappresentare anche soluzioni efficaci ed economiche nel settore del risanamento di suoli e acque contaminate, un problema

rilevante per l'Italia, che possiede oltre 15,000 siti contaminati (di cui più di 50 di interesse nazionale e più di 5000 di interesse regionale). Una ulteriore priorità strategica è quella di riutilizzare l'acqua impiegata nei processi industriali.

Da un censimento nazionale condotto da *IT SusChem* sono state recensite 44 aziende operanti nel settore delle biotecnologie industriali e in particolare negli ambiti indicati nel grafico che segue.



Il 70% delle aziende recensite sono PMI e il 15% *spin-offs*. L'80% di loro sono aziende monoprodotto, con pochissimi ricercatori. Infine il 75% delle aziende recensite sono nel Nord Italia. Il settore industriale è quindi "giovane", frammentato e composto soprattutto da piccole aziende. Esso è comunque in rapida crescita in termini di numero di aziende R&D coinvolte e di *turnover* del settore. Sono poi stati recensiti 130 grandi progetti di ricerca applicata riconducibili alle biotecnologie industriali. Il 95% sono nazionali e solo il 5% europei (progetti COST, LIFE, IP, etc., V e VI PQ). I progetti nazionali sono finanziati all'80% con fondi pubblici (90% ministeriali -via PRIN, FIRB, FISR, POR, CNR, e 10% Regionali) e al 20% con fondi privati. I temi di ricerca sono riconducibili ai seguenti ambiti:

- Produzione di nuovi o migliorati biocatalizzatori e/o bioreattori/bioprocessi (29,2 % dei progetti).
- Sviluppo di strategie e strumenti per la valorizzazione integrata (bioraffineria) di biomasse, e/o sottoprodotti, residui ed effluenti dell'agroindustria (16,7% dei progetti).
- Produzione di *fine-chemicals*, metaboliti, aromi, proteine, enzimi, microrganismi (inclusi probiotici), (25% dei progetti).
- Produzione di biopolimeri e fibre da biomasse, sottoprodotti agroalimentari (16,7 dei progetti).
- Produzione di biogas, bioetanolo e *biodiesel* da biomasse e sottoprodotti agroalimentari (12,5% dei progetti).

Le Aziende italiane impegnate nella bonifica biologica di siti contaminati sono oltre 50. Sono PMI, con poche competenze R&D, soprattutto di tipo biologico. Le tecniche di *bioremediation* sono applicate nel 10-15% delle bonifiche e sono soprattutto di tipo *ex-situ* (*landfarming* e *biopile/compostaggio*). Quelle *in situ* sono usate raramente e sono limitate al *bioventing* e *biosparging*. Molto limitato è l'uso di tecniche innovative quali *Enhanced Natural Attenuation*, *bio-barriere*, etc. che possono consentire la degradazione *in situ* senza il prelievo di correnti da trattare a parte. Il trattamento biologico delle acque reflue industriali viene condotto prevalentemente con processi aerobici convenzionali (a fanghi attivati) e solo raramente con bioreattori innovativi a maggiore efficienza, quali bioreattori a membrana (10%) o a biomassa adesa (10%). I progetti di ricerca applicata recensiti in questi ambiti sono circa 25: il 90% sono nazionali, finanziati per lo più (95%) con fondi pubblici (Ministeri, via PRIN e finanziamenti dedicati e Regionali), e il 10% Europei (NATO, IP, CA, COST, etc).

I punti di forza della ricerca Italiana nel settore delle biotecnologie industriali ed ambientali sono:

- Ottime competenze R&D in: a) sviluppo di nuovi o migliorati biocatalizzatori e bioprocessi per la produzione di fine-chemicals e metaboliti; b) valorizzazione integrata (via recupero +(bio)trasformazione) di sottoprodotti, residui ed effluenti dell'industria agroalimentare.
- Attitudine dei ricercatori a partecipare a progetti R&D multidisciplinari.
- Elevata produttività in termini di pubblicazioni scientifiche.

Sono invece emerse delle carenze per quanto riguarda le competenze nei seguenti campi:

- Pretrattamento del materiale lignocellulosico e/o della sua trasformazione in bioetanolo.
- Applicazione di tecniche di bonifica di siti ed acque reflue innovative-
- Trasferimento di scala e protezione brevettale dei risultati della ricerca (5 brevetti ogni 100 articoli pubblicati).

Sulla base delle competenze disponibili, le esigenze/aspettative economiche, ambientali e sociali del Paese e le priorità R&D individuate in Europa, si ritiene che le priorità R&D che seguono sono quelle strategiche per l'Italia.

Principali priorità R&D per le biotecnologie industriali ed ambientali in Italia.

1. Nuovi e/o migliorati processi biocatalitici per sintesi chimiche

Obiettivi specifici sono i seguenti:

- a) *Ottimizzare l'attività degli enzimi e microrganismi esistenti;*
- b) *Metodologie rapide ed efficienti per selezionarne*

dei nuovi;

- c) *Formulazione di enzimi efficienti e di semplice utilizzo;*
- d) *Miglioramento della progettazione e ingegneria di processo.*

Per raggiungere questi obiettivi è necessario integrare competenze multidisciplinari, quali biologia molecolare, tecnologie fermentative, tecnologia degli enzimi, chimica organica ed ingegneria dei processi biochimici.

E' necessario in particolare:

- Migliorare i sistemi di produzione di enzimi in larga quantità;
- Comprendere l'interazione enzima/ substrato;
- Integrare approcci evolutivisti e computazionali per una progettazione razionale di biocatalizzatori;
- Sviluppare nuovi enzimi per applicazioni specifiche quali liasi, racemasi, enzimi ossidasici e perossidasi, ossido-reduttasi, idrolasici, ecc.
- Sviluppo di metodi rapidi di *screening* e valutazione dell'attività;
- Creare nuove funzionalità in enzimi esistenti;
- Ricercare nuovi biocatalizzatori ed enzimi, anche con metodi bioinformatici e computazionali
- Sviluppare bioconversioni multifase integrate che possano operare in condizioni industriali;
- Sviluppare nuove metodologie per l'eliminazione *in-situ* dei prodotti;
- *Progettare* ed ingegnerizzare reazioni biocatalitiche complesse e multifase;
- Sviluppare processi integrati *multi-step* chimico-enzimatici;
- Modellare i fenomeni di trasporto di massa e calore al fine di predire e controllare più efficientemente i bioreattori.

2. Strategie innovative o migliorate per la valorizzazione delle biomasse italiane e dei surplus, sottoprodotti, residui ed effluenti (incluse acque di scarico) dell'industria agroalimentare del Paese.

Nuovi/migliorati strumenti e strategie biotecnologiche per la valorizzazione delle biomasse, e dei residui e sotto-prodotti dell'industria agroalimentare

Uso più razionale delle biomasse nazionali e alternative ai carboidrati

E' necessario passare allo sfruttamento delle biomasse ligno-cellulosiche e dei prodotti di scarti o poco utilizzati della produzione agroalimentare. Inoltre risulta prioritario sviluppare le competenze per l'utilizzo di risorse di biomasse specifiche dell'Italia.

I processi di bioconversione devono essere adattati a queste biomasse, migliorando l'attività e la stabilità degli enzimi e dei microrganismi e identificando le sinergie con i processi tradizionali oleochimici.

Le attività includono:

- Identificazione e produzione di biomasse per usi non alimentari;
- Conversione di biomasse (pretrattamento, idrolisi, sistemi robusti di fermentazione);
- Individuazione/ottimizzazione di materie prime alternative ai classici carboidrati.

Sviluppo della prossima generazione di processi di fermentazione ad alta efficienza

I principali obiettivi sono:

- Aumento delle rese di processo;
- Migliore passaggio di scala;
- Intensificazione del processo;
- Riduzione dei residui.

Per aumentare la resa è necessario:

- Migliorare il microrganismo attraverso la bioinformatica e la proteomica;

- *Engineering* metabolico;
- *Modelling* di pathway metabolici per lo sviluppo di micro-organismi robusti per processi di fermentazione;

Per migliorare il passaggio di scala ed intensificare il processo è prioritario:

- Sviluppare nuove generazioni di reattori, e microbioreattori;
- Utilizzare batteri specializzati, e immobilizzati per utilizzo in reattori con elevate produttività;
- Sviluppare *tools* per l'intensificazione di processo.

Per migliorare il *down-stream processing* risulta essenziale:

- Sviluppare tecniche combinate e parallele;
- Progettare nuovi bioprocessi e tecnologie per generare energia dai residui;
- Sviluppare nuove metodologie di ricircolo dei sotto-prodotti.

Processi eco-efficienti e loro integrazione: bioraffinerie

Lo sviluppo di bioraffinerie richiede di sviluppare in maniera integrata un insieme di nuovi processi che permetta lo sfruttamento di tutti i prodotti. A tal fine è necessario studiare l'intero *biorefinery value chain* per ottimizzare i costi, ridurre le emissioni, integrare la produzione.

I seguenti aspetti, in particolare, sono i più critici:

- Sviluppare nuove strategie per rendere economica ed eco-efficiente la produzione;
- Migliorare e sviluppare ulteriormente le tecnologie di bioraffinazione;
- Identificare delle molecole piattaforma (*bulk chemicals*).

3. Miglioramento dei bioprocessi per la produzione di biocombustibili da biomasse italiane

E' necessario sviluppare ed adattare le tecnologie esistenti alle specifiche biomasse disponibili in Italia.

Possono essere individuati i seguenti obiettivi specifici:

- Miglioramento dei processi di idrolisi di biomasse disponibili a basso costo;
- Miglioramento dei processi di fermentazione ad etanolo;
- Miglioramento dei processi esistenti per la formazione di biogas (biometano e bioidrogeno);
- Integrazione dei processi di biogas con sistemi di conversione a energia elettrica, quali celle a combustibili.

4. Strategie innovative e/o migliorate per la biorimediazione di siti ed acque contaminati in Italia

Risulta necessario studiare e sviluppare nuove tecnologie di biorimediazione, in particolare:

- Migliorare le conoscenze sui micro-organismi (batteri, funghi);
- Migliorare l'ingegneria di processo nelle specifiche condizioni *in situ*;
- Creare ed implementare nuovi *tools* biotecnologici per caratterizzazione dei siti, la progettazione degli interventi e la valutazione degli effetti.

Possibili strategie per rafforzare il settore sono: 1. Premiare e privilegiare l'eccellenza scientifica; 2. Finanziare solo progetti di ricerca di base ed applicata su priorità considerate strategiche per il Paese, sostenendo la ricerca in tutte le sue fasi, da quella di ideazione a quella di scale up/ottimizzazione del processo; 3. Riservare una parte dei fondi per progetti ad elevato contenuto di innovazione e quindi ad alto rischio; 4. Favorire il training dei giovani ricercatori, ed in particolare nell'ambito dello *scale up* di processo; 5. Incentivare la brevettazione dei risultati, anche attraverso la riduzione dei costi dell'operazione, soprattutto per le MPI 6. Favorire la costituzione di *start-up* attraverso la creazione di centri di ricerca pubblici/privati e di incubatori; 7. Favorire la costituzione di consorzi di fornitori di tecniche, tecnologie e servizi di biotecnologia industriale; 8. Adottare nuove strategie di comunicazione, dirette a far crescere la confidenza del pubblico verso i prodotti delle biotecnologie industriali e quindi creare per questi nuove nicchie di mercato e 9. Associare i benefici ambientali, economici e sociali delle Biotecnologie industriali alle politiche di sviluppo nazionali, creando meccanismi di incentivazione per le aziende impegnate nel settore (i.e., riduzione degli oneri sociali e delle imposte sugli immobili e sui redditi) e la nascita di *spin offs*.

Università, centri di ricerca, industrie ed associazioni che si ringraziano per la loro partecipazione al censimento nazionale e alla messa a punto del piano programmatico per le biotecnologie industriali ed ambientali in Italia

Università	Industrie & Spin off	Centri di Ricerca
Polytechnic of Milano Polytechnic of Torino Polytechnic of Marche University of Bari University of Basilicata University of Bologna University of Cagliari University of Calabria University of Camerino University of Caserta University of Catania University of Eastern Piedmont University of Ferrara University of Firenze University of Genova University of Insubria University of L'Aquila University of Messina University of Milano University of Milano-Bicocca University of Modena e Reggio Emilia University of Molise University of Napoli II University of Napoli- Federico II University of Padova University of Palermo University of Parma University of Pavia University of Perugia University of Piacenza University of Pisa University of Potenza University of Roma-La Sapienza University of Salerno University of Siena University of Teramo University of Torino University of Trieste University of Verona University of Viterbo	<i>Agrifutur srl</i> , Alfianello, Brescia <i>Agri2000 Soc. Coop.</i> Bologna <i>Agrolabo S.p.A.</i> , Scarmagno, TO <i>AlfaWassermann S.p.A.</i> , Bologna <i>Biospehere SpA</i> , Bertinoro (FC) <i>BioDec srl</i> , Casalecchio di Reno (BO) <i>Bioman Srl</i> , Colleterto Giacosa (TO) <i>Biopaint Srl</i> , Colleterto Giacosa (TO) <i>Biosearch</i> <i>Ambiente srl</i> , Torino <i>Biotecnologie BT Srl</i> Todi, Perugia <i>Baxter Manufacturing SpA</i> , Rieti Cestec S.p.A. Milano <i>Consorzio Stabile COSINT s.c.r.l.</i> , Milano <i>CSL SpA</i> , Zelo Buon Persico (LO) <i>Diaspa S.P.A.</i> Corana, PV <i>Diasorin S.p.A.</i> , Saluggia (VC) <i>Eurolab srl</i> Torino <i>ENI SpA</i> S- Donato Milanese (MI) & Monterotondo (RM) <i>ESI Italia srl</i> , Milano <i>Fatro SpA</i> , Ozzano Emilia (BO) <i>Flamma S.p.A.</i> , Chignolo Isola, BG <i>Gnosis SpA</i> , Desio MI <i>Granarolo SpA</i> Bologna <i>Krabe Chemie Italia srl</i> , Bernate Ticino (MI) <i>Ktedogen SRL</i> Malnate (VA) <i>Lesepeidado srl</i> , Bologna <i>Marcopolo Eng. S.p.A.</i> , Borgo S. Dalmazzo, Cuneo <i>Naturmed</i> , Chieti <i>Novamont S.p.A.</i> Novara <i>Phenbiox</i> , Bologna <i>Resindion srl</i> , Binasco (MI) <i>SERECO BIOTEST</i> Perugia <i>Sograf Chemicals srl</i> <i>Studio Consulenza Scientifica Oreste Piccolo (SCSOP) Sirtori (LC)</i> <i>SPES s.c.p.a.</i> , Fabriano (AN) <i>Synbiotec srl</i> , Camerino (MC)	Center for Biocatalysis & Bioeng. of Macromolecules (NSF) CIRPEB Napoli CNR Bari CNR Istituto di Chimica Biomolecolare, Catania CNR Istituto di Chimica Biomolecolare, Napoli CNR Sesto Fiorentino (FI) CNR, Istituto di Chimica del Riconoscimento Molecolare, Milano Int. Centre for Genetic Eng. & Biotech. (ICGEB) Stazione Sperimentale Oli e Grassi Stazione Sperimentale per la Seta ENEA C. R. Casaccia (RM) ENEA C. R. Trisaia (MT) ENEA Bologna, Bologna CRPA, Reggio Emilia CRPV, Imola CRA (Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura) Roma CIRB, Bologna <p style="text-align: center;">Altri</p> Associazione Italiana Energia del Legno (AIEL) Associazione Interreg. Olivicola Medio Adriatico (AIOMA) Confederazione Italiana Agricoltori (CIA) Consorzio Nazionale Olivicoltori (CNO) LIBI, Laboratorio Internazionale di Bioinformatica, Bologna Bioindustry Park Canavese spa. Colleterto Giacosa (TO) Parco Tecnologico Padano, Lodi Associazione Biocatalisi e Bioseparazioni ANBI (Associazione Nazionale Biotecnologi Italiani) Interuniversity Consortium INSTM Interuniversity Consortium CIRCC Interuniversity Consortium CIRCMSB Interuniversity Consortium INBB Interuniversity Consortium CIB Consorzio di Ricerche Applicate alla Biotecnologia (CRAB)

3.2 Tecnologie dei Materiali

Le aree applicative di interesse di questa sezione includono:

- *Materiali funzionali*: mate bio-compatibili e biodegradabili con proprietà controllate. Includono materiali quali film sottili e rivestimenti superficiali, materiali per medicina riparativa, diagnostica e terapie, formulazioni tecnologiche per medicine, usi agrochimici, nutrizionali, cosmetici e benessere, e bio- e/o nanocompositi.
- *Materiali intelligenti* con proprietà elettriche (ad es. superconduttori), ottiche, meccaniche e magnetiche per applicazioni in elettronica (ad es. display, sensori, materiali per organoelettronica) ed altri campi.
- *Nuovi materiali per tecnologie sostenibili* per applicazioni che vanno dall'aerea dell'energia (creazione, trasporto, conversione; ad esempio celle solari o a combustibile) a quella dei materiali nanoporosi per superisolamento.
- *Sviluppo di nuovi metodi per la sintesi controllata* attraverso una progettazione razionale dei materiali. Include nuove tecniche di polimerizzazione e processi catalitici per dare nuovi materiali.

Le nanotecnologie, ovvero l'insieme di conoscenze e tecniche che permette di controllare i materiali al livello nanometrico, è una delle tecnologie alla base degli sviluppi in questo settore.

Con specifico riferimento alla situazione in Italia si possono individuare le seguenti principali aree di attività:

- a) *Sviluppare approcci multi-disciplinari alle nanoscienze e nanotecnologie* per lo sviluppo di materiali innovativi nelle aree prioritarie.
- b) *Sviluppare nuovi materiali con un maggiore contenuto di conoscenze*: con nuove funzio-

nalità e caratteristiche migliori per un settore industriale di crescente competitività.

- c) *Nuovi processi di produzione*: processi efficienti per controllare le proprietà dei materiali, basati sull'integrazione delle conoscenze.
- d) *Materiali con proprietà migliorate* per specifici settori industriali.
- e) *Analisi del ciclo di vita (LCA)*: applicazione di criteri selettivi per la definizione di eco-materiali in funzione del loro impatto ambientale.

Principali priorità in Italia.

1. Nanoscienze e Nanotecnologie

L'obiettivo principale è la comprensione dei fenomeni fondamentali per manipolare la materia al livello di nanoscala, in modo da promuovere un'innovazione a lungo termine, permettendo al settore produttivo di sintetizzare nuovi prodotti basati sulle nanotecnologie e l'autoassemblaggio, eventualmente ispirati alla natura e con proprietà migliorate. Risulta contemporaneamente necessario minimizzare aspetti potenzialmente avversi per l'ambiente e la salute.

E' necessario un approccio interdisciplinare che integri varie competenze, inclusi approcci teorici e di modellazione di questi materiali.

Obiettivi specifici sono i seguenti:

- a) *Materiali e superfici nanostrutturate e/o auto-assemblanti.*
- b) *Materiali e superfici auto-riparanti*
- c) *Strutture dendritiche con proprietà controllate*
- d) *Nuove strategie di sintesi: Click chemistry*
- e) *Materiali a nanoscala e loro interazione con sistemi biologici*
- f) *Interazione dei materiali nanostrutturati con l'ambiente*

Materiali e superfici nanostrutturate e/o autoassemblanti.

Di particolare interesse in Italia:

- processi integrati su nanoscala per la preparazione di polimeri e materiali organici multifunzionali auto-assemblanti
- auto-organizzazione di nanocristalli metallici e di semiconduttori per l'opto elettronica
- nano- e micro- strutture di carbonio e i loro nanocompositi
- modellazione di materiali coniugati elettroattivi
- auto-organizzazione di copolimeri e mescole di polimeri
- sviluppo di superfici e film sottili ibridi nanostrutturati auto-assemblanti
- modellazione e caratterizzazione di cristalli liquidi per strutture nano-organizzate
- analisi sistematica di molecole tipo DNA e analoghe per utilizzare e migliorare la loro auto-organizzazione
- modellazione e caratterizzazione di processi di enucleazione e crescita di materiali nanostrutturati
- sintesi e funzionalizzazione di materiali ceramici, silicati e zeoliti nanostrutturati

Materiali e superfici auto-riparanti

Di particolare interesse in Italia:

- Materiali auto-riparanti per settori dalla mobilità a quello biomedicale

Strutture dendritiche con proprietà controllate

Di particolare interesse in Italia:

- micelle e loro incapsulamento
- cristalli liquidi e sistemi auto-assemblanti, strutture a strati

- dendrimeri elettroattivi, sistemi elettroluminescenti
- polimeri conduttivi
- catalisi, prodotti biochimici e farmaceutici
- dendrimeri per chimica analitica
- dendrimeri-nano particelle e polimeri-nanoparticelle per multi-funzioni biologiche

Nuove strategie di sintesi: "Click" chemistry

Nuove strategie di sintesi dove materiali complessi sono costruiti assemblando molecole ove sono presenti gruppi funzionali che ne permettono l'assemblaggio selettivo ("lego" molecolare).

Di particolare interesse in Italia:

- Strategie di assemblaggio (*click chemistry*) per materiali macro-molecolari innovativi

Materiali a nanoscala e loro interazione con sistemi biologici

Di particolare interesse in Italia:

- Sviluppo di nanocompositi (superfici, films, fibre) con attività antimicrobica
- Sviluppo di materiali e superfici antisporcamento
- Interazione elettronica di proteine fotosensibili in matrici polimeriche e vetrose
- Immobilizzazione di proteine in membrane per biosensori
- Interazione lipidi/proteine in processi di trasferimento elettronici/protonici per membrane, sistemi fotosintetici e biomimetici.
- Sviluppo di nanoparticelle (i.e. CNT) e materiali ibridi nanostrutturati per biocatalisi, biosensori, diagnostica medica, terapie genetiche e rilascio controllato di farmaci
- uso di fasci ionizzanti per il controllo della struttura e morfologia di nanobiocompositi

Interazione dei materiali nanostrutturati con l'ambiente

I materiali nanostrutturati hanno un enorme potenzialità per la loro applicazione nel settore ambientale e in particolare per il loro uso nella prevenzione dell'inquinamento, il monitoraggio ambientale e il ripristino di siti contaminati. Dall'altra parte l'impatto delle nanoparticelle nell'ambiente è il risultato di meccanismi molto complessi non pienamente conosciuti.

Di particolare interesse in Italia:

- sviluppo di nuovi materiali nanostrutturati per il ripristino di siti contaminati
- analisi dei fenomeni di trasporto di nanoparticelle in diverse matrici ambientali

2. Nuovi materiali con più elevato contenuto di conoscenze

Sviluppo di nuovi materiali e superfici multifunzionali con proprietà controllabili e predicibili.

Obiettivi specifici sono i seguenti:

- Materiali compositi nanostrutturati*
- Materiali inorganici con porosità controllata*
- Materiali e molecole intelligenti*
- Materiali organici per elettronica e fotonica*
- Materiali nanostrutturati con proprietà magnetiche controllate*

Materiali compositi nanostrutturati

Di particolare interesse in Italia:

- materiali ibridi e nanocompositi polimerici a nanostruttura controllata polimerizzati in-situ
- miscelazione allo stato fuso, reologia, proprietà termiche e meccaniche di nanocompositi termoplastici

- cinetica di cristallizzazione e morfologia di polimeri semicristallini per nanocompositi
- polimeri e nanocompositi ibridi eco-compatibili con proprietà di ritardanti di fiamma, predizione del comportamento
- barriere multifunzionali per strutture flessibili (tessili, pelle, carta)
- progettazione di polimeri ibridi nanostrutturati con proprietà multifunzionali
- nanocompositi polimero/ materiali inorganici o organo-metallici, miglioramento della sintesi e compatibilità. Reazione di reticolazione indotta da radiazioni.
- modifica strutturale e superficiale di nanofillers (i.e. CNT, silicati, ecc.) per migliorare l'interazione, la dispersibilità e la compatibilità con i polimeri
- rivestimenti nanostrutturati, multistrati e con funzionalità graduale con migliorate proprietà meccaniche, antiusura, elettriche e di resistenza alla corrosione
- nanostrutturazione degli acidi nucleici (DNA or RNA) e dei loro ibridi e nanocompositi
- uso di prodotti naturali (i.e. polifenoli, lignocellulosa, derivati della cellulosa e l'emicellulosa) nello sviluppo di polimeri e materiali polimerici nanostrutturati

Materiali inorganici con porosità controllata

Di particolare interesse in Italia:

- materiali porosi innovativi per catalisi
- materiali porosi con struttura e funzionalità graduale per applicazioni avanzate (celle di combustibile)
- materiali porosi piezoelettrici per applicazioni nell'ultrasuono
- supporti porosi per bioreattori
- processi biomimetici

- produzione di membrane e filtri per processi industriali e per biotecnologie

Materiali e molecole intelligenti

Di particolare interesse in Italia:

- nanocompositi con elevate efficienze di colorazione per plastiche elettrocromiche
- sviluppo di polimeri con memoria di forma
- nuovi componenti molecolari per nanomacchine controllabili per fotoconversione e irradiazione, sensibili a stimoli chimici ed elettrici e loro modellazione
- sviluppo di materiali fotocatalitici per la conversione dell'energia solare

Materiali organici per elettronica e fotonica

Di particolare interesse in Italia:

- sintesi e caratterizzazione di molecole organiche multifunzionali e polimeri nanostrutturati, e loro manipolazione per produrre materiali con proprietà controllate per applicazioni nel settore elettronico e fotonico
- nuove plastiche conduttive nanocomposite (via CNT e CNF) per la trasmissione di energia e per dispositivi di illuminazione
- transistor basati su film sottili organici
- materiali polimerici nanostrutturati e nanocompositi a film sottili per celle fotovoltaiche e per OLEDs
- sintesi di nanocristalli per optoelettronica.
- sintesi e *engineering* delle superfici di nanoparticelle di semiconduttori
- modifica di polimeri nanostrutturabili per optoelettronica usando fotolitografia e tecniche di strutturazione non convenzionali: *nanoimprinting lithography* (NIL) e ink-jet
- auto-assemblaggio di metalli e nanocristalli di semiconduttori per ottenere strutture funzionalizzate 2/3 D per applicazioni in optoelettronica

ca e sensori.

- materiali nanostrutturati molecolari, sopramolecolari e ibridi per elettronica e fotonica

Materiali nanostrutturati con proprietà magnetiche controllate

Di particolare interesse in Italia:

- studi fondamentali della risonanza magnetica in molecole
- effetto quantico in nanomagnetici molecolari
- approccio molecolare a nanomagnetici e materiali multifunzionali
- sviluppo di nanoparticelle magnetiche e strutture *core-shell* con proprietà controllate
- materiali magnetici nanostrutturati per sensori in sistemi di posizionamento

3. Nuovi processi di fabbricazione basati sulle conoscenze e concetti di sostenibilità.

Obiettivi specifici sono i seguenti:

- Materiali da risorse rinnovabili*
- Ottimizzazione dei processi per sintesi di polimeri e materiali compositi*
- Nuovi catalizzatori nanostrutturati con superfici funzionalizzate*
- Modelli computazionali dell'evoluzione strutturale durante la lavorazione e ciclo di vita*

Materiali da risorse rinnovabili

Di particolare interesse in Italia:

- nuovi monomeri da materie prime rinnovabili, bio-plastiche
- materiali compositi basati su biopolimeri
- utilizzo di residui industriali per la produzione di materiali ceramici per l'edilizia con proprietà acustiche e termiche controllate
- sviluppo di cementi pozzolanici con l'aggiunta di zeoliti naturali

Ottimizzazione dei processi per sintesi di polimeri e materiali compositi

Di particolare interesse in Italia:

- schiume polimeriche (PET, LDPE, PS, PU)
- stampaggio di ibridi compositi polimero-legno
- elastomeri innovativi termoplastici ed elastomeri funzionali liquido-cristallini
- films biodegradabili
- *polymer injection advanced moulding* (PIAM)
- sistemi polimerici per rivestimenti e adesivi
- Estrusione reattiva di polimeri riciclati (PET)
- ottimizzazione e controllo della stabilità dimensionale di materiali polimerici stampati

Nuovi catalizzatori nanostrutturati con superfici funzionalizzate

Di particolare interesse in Italia:

- sviluppo di materiali catalitici nanostrutturati
- progettazione integrata di nanomateriali catalitici per una produzione sostenibile
- nuovi catalizzatori per poliolefine (omogenei, eterogenei)
- nuove strutture polimeriche (PP, PE, PB-1, APO, polydienes and polycycloolefins)
- nuovi metodi di produzione per poliolefine; *high throughput screening platforms*
- catalizzatori per produzione delocalizzata di energia (celle a combustibile, uso energia solare)
- catalizzatori nanostrutturati per bioraffinerie e materie prime alternative
- catalizzatori per conversione gas ad effetto serra e purificazione acqua
- comprensione relazione tra nanostruttura e reattività
- approccio integrato tra catalisi omogenea, eterogenea e biocatalisi.

Modelli computazionali dell'evoluzione strutturale durante la lavorazione e ciclo di vita

Di particolare interesse in Italia:

- modellazione multi-scala di fenomeni di interfaccia in nanocompositi
- modellazione e progettazione di materiali compositi e di rivestimenti ceramici e *cermet*
- modelli computazionali per la lavorazione di materiali polimerici e nanocompositi; PIAM
- processi avanzati per produzione *near to shape*
- modellazione di processi al plasma (PECVD)

4. Materiali con elevato contenuto di conoscenze ed approcci innovativi per specifici settori industriali

Individuazione della reazione processo-struttura-proprietà di nuovi materiali e integrazione delle conoscenze su nanostrutture, materiali e tecnologie di processi, per lo sviluppo di nuove applicazioni per settori quali la salute, costruzione, trasporto, energia, ambiente, informatica, ecc.

Obiettivi specifici sono i seguenti:

- a) Materiali per conversione energia*
- b) Biomateriali per engineering bio-medicale*
- c) Nuovi materiali e tecnologie per condizioni estreme*
- d) Nuovi materiali e fibre per l'industria tessile*
- e) Sviluppo di materiali multifunzionali per il settore della mobilità*
- f) Sviluppo di materiali e dispositivi per il settore della salute*
- g) Tecnologie avanzate dei materiali per il settore della costruzione*
- h) Modifica superficiale dei materiali*
- i) Materiali per l'imballaggio e l'agricoltura*
- j) Tecnologie e materiali per la protezione del patrimonio culturale*

Materiali per la conversione dell'energia

Di particolare interesse in Italia:

- polimeri, compositi nanocompositi e materiali ceramici per celle a combustibili
- sviluppo, caratterizzazione ed applicazione di sistemi supramolecolari per produzione di energia
- materiali per impianti di concentrazione solare
- sviluppo di polimeri e nanocompositi a film sottili nanostrutturati per celle fotovoltaiche
- catalizzatori per processi di conversione energetica con migliorata efficienza
- materiali semiconduttori per la produzione di H₂ in processi foto-elettrocatalitici

Biomateriali per l'ingegneria tissutale

Di particolare interesse in Italia:

- sviluppo di biomateriali per riparazione e rigenerazione di tessuti
- materiali innovativi per protesi *bio-engineered*
- nanocompositi intelligenti per riparazione e rigenerazione ossea
- polimeri, compositi e nanocompositi intelligenti per la riparazione ossea e della cartilagine (biomateriali porosi iniettabili, gel formati in situ, gene activated matrix - GAM)
- polimeri per rigenerazione dei nervi periferici

Nuovi materiali e tecnologie per condizioni estreme

Di particolare interesse in Italia:

- nanocompositi ceramici strutturali per applicazioni funzionali *top-end*
- materiali nanostrutturali con proprietà fotocatalitiche per la protezione di materiali ceramici da contaminazione in fase gas o liquida
- rivestimenti ceramici avanzati per applicazioni estreme
- compositi per applicazioni balistiche

- nanocompositi con proprietà elettriche controllate per *emi-shielding*
- polimeri innovativi con proprietà ritardanti di fiamma per rivestimenti, cavi, ecc.
- superfici avanzate e multistrato per aumentare la resistenza in condizioni estreme
- materiali refrattari da precursori zeolitici
- processi al plasma (PECVD) per rivestimenti tribologici resistenti alla corrosione

Sviluppo e applicazione di nuovi materiali e fibre per l'industria tessile

Di particolare interesse in Italia:

- fibre meccanicamente ultrasistenti
- fibre con proprietà di *bulk* o superficie controllate
- bio-fibre con proprietà controllate
- modificazione superficiale di fibre, filati e tessuti per migliorarne la lavorabilità.
- nuovi processi per fibre cellulosiche
- tessuti intelligenti con proprietà optoelettroniche e sensoristiche
- analisi dell'impatto sul consumatore dell'innovazione e delle nuove tecnologie nel tessile

Sviluppo di materiali multifunzionali per il settore della mobilità

Di particolare interesse in Italia:

- superfici nanostrutturate con migliori proprietà tribologiche per autoveicoli e l'aerospazio
- laminati polimero-metallo e processi di *liquid molding* per compositi aeronautici
- materiali intelligenti per monitoraggio di strutture aeronautiche e spaziali
- schiume e matrici termoplastiche per applicazioni aeronautiche
- proprietà termiche e acustiche di polimeri e compositi per il settore del trasporto
- sviluppo di materiali nanostrutturati come

- sensori per emissioni di gas
- sviluppo di materiali auto-riparanti e auto-diagnostici per sensori di integrità

Sviluppo di materiali e dispositivi per il settore della salute

Di particolare interesse in Italia:

- polimeri e altri materiali nanostrutturati per il targetting, l'incapsulamento ed il rilascio controllato di farmaci
- *idrogels* funzionali nanostrutturati e compositi per applicazioni biotecnologiche
- microsistemi multifunzionali per analisi biochimiche
- compositi per diagnosi con risonanza magnetica
- sviluppo, caratterizzazione e applicazione di sistemi supramolecolari e polimerici per il rilascio controllato di farmaci
- sintesi multifunzionali per terapie e monitoraggio di celle tumorali durante chemioterapia
- sviluppo di sistemi sopramolecolari per apparecchiature analitiche
- rivestimenti biomimetici innovative per substrati metallici, ceramici e polimerici
- elettronica organica multifunzionale per il monitoraggio della salute

Tecnologie avanzate dei materiali per il settore della costruzione

Di particolare interesse in Italia:

- compositi intelligenti per monitoraggio non-distruttivo di strutture
- compositi innovativi per applicazioni nell'edilizia
- materiali innovativi e dispositivi per il controllo climatico di edifici
- rivestimenti innovativi fotocatalitici con proprietà antimicrobiche e auto-pulenti

- preparazione e caratterizzazione di calcestruzzi con l'uso di residui industriali
- sviluppo di calcestruzzi auto-compattati con l'aggiunta di zeoliti ultra-fine
- rivestimenti e film sottili innovativi per substrati metallici, ceramici e vetri per migliorate proprietà superficiali e resistenza alla corrosione

Modifica superficiale dei materiali

Di particolare interesse in Italia:

- trattamenti al plasma di materiali
- deposizione di nano-film da plasma freddi
- funzionalizzazione superficiale di polimeri
- nanostrutturazione, nanostratificazione e *nanoclustering* con tecnologie al plasma
- polimerizzazione e produzione di nanocompositi da plasma
- film di diamante e *diamond-like*
- rivestimenti barriera e anti-scratch trasparenti vis plasma

Materiali per l'imballaggio e l'agricoltura

Di particolare interesse in Italia:

- sviluppo di sistemi di imballaggio 3D a basso peso e migliorate proprietà meccaniche e barriera
- sviluppo di processi di produzione di imballaggio ad alta velocità
- uso di nanocompositi per imballaggi con migliorate proprietà barriera
- modellazione di proprietà barriera
- pellicole e rivestimenti biodegradabili per imballaggi
- pellicole e contenitori biodegradabili per l'agricoltura
- processi innovativi per il riciclaggio di nuovi sistemi polimerici e nanocompositi utilizzati nell'imballaggio

- sviluppo di materiali polimerici e nanocompositi da polimeri riciclati per sintesi chimica e lavorazione allo stato fuso
- materiali nanostrutturati intelligenti sensibili ad stimoli esterni per l'imballaggio attivo
- elettronica organica flessibile per imballaggio intelligente

5. Tecnologie e materiali per la protezione del patrimonio culturale

Di particolare interesse in Italia:

- sviluppo e applicazione di rivestimenti trasparenti e inerti (plasma, nanorivestimenti) per la protezione dall'ambiente di dipinti, vetri, ceramici e altri beni culturali

Analisi del ciclo di vita (LCA): applicazione di criteri selettivi per la definizione di eco-materiali in funzione del loro impatto ambientale

Di particolare interesse in Italia:

- applicazione del *Life Cycle Engineering* all'analisi dell'impatto delle nanotecnologie dei materiali
- applicazione del *Life Cycle Analysis* (LCA) all'impatto ambientale comparativo di nuovi materiali e tecnologie rispetto a quelli tradizionali
- definizione e analisi di metodologie per il riciclo di materiali alla fine del ciclo di vita e analisi dell'impatto ambientale associate
- analisi e definizione di eco-indicatori per l'applicazione di metodologie LCA e LCE

Università, centri di ricerca e industrie che sono ringraziate per la loro partecipazione alla preparazione del piano programmatico per la tecnologia dei materiali

Università	Industrie & Spin offs	Centri di Ricerca
Bocconi University Polytechnic University of Milan Polytechnic University of Turin University of Bari University of Bologna University of Brescia University of Cagliari University of Cassino University of Catania University of Catanzaro University of Ferrara University of Florence University of Genoa University of Lecce University of Messina University of Milan University of Milan "Bicocca" University of Modena and Reggio Emilia University of Naples "Federico II" University of Padua University of Palermo University of Pavia University of Perugia University of Piemonte Orientale University of Pisa University of Reggio Calabria University of Rome "La Sapienza" University of Rome "Tor Vergata" University of Salerno University of Sassari University of Siena University of Trento University of Trieste University of Turin University of Venice	Alenia Aeronautica S.p.A A.P.E.Research Srl - Laboratorio Nanotecnologie, Trieste (TS) Avio Group SpA Basell S.p.A. Centro Ricerche FIAT S.C.P.A Centro Ricerche Plast-optica srl Centro Sviluppo Materiali S.p.A. CIRA Centro Italiano di Ricerche Aerospaziali Cobarr S.p.a. Colorobbia Italia SpA. De Nora Tecnologie Elettrochimiche Srl Enel Produzione S.p.A Diatech S.r.l. EniTecnologie S.p.A. FABER Industrie S.p.A. Fin-Ceramica Faenza S.r.l. Green Consulting Hexion H.T.P. UNITEX Lonza S.p.A. Mapei S.p.A. Marazzi Gruppo Ceramiche S.p.A. Meraklon S.p.A. MDP S.r.l. Novamont SpA Nuvera Fuel Cells Europe Srl Piaggio Aero Industries Spa Pirelli Labs S.p.A. Polimeri Europa PROPLAST PROTEC Surface Technologies S.p.A SACMI Sistema Compositi S.p.A. Scandola S.p.A. SO.F.TER S.p.A. STMICROELECTRONICS Srl Tecnofil Srl Wright Cremascoli Ortho	ENEA CNR CeFSA CNR-ICCOM CNR-ICIS CNR-ICTP CNR-IFAM CNR-IMCB CNR-IMIP CNR IPCF CNR IRTEC CNR-ISM CNR-ISMAL CNR-ISMN CNR-ISTEC CNR-ISTM CNR-ITAE INFM Istituto Ortopedici Rizzoli. Sincrotrone-Istituto Elettra (Trieste) <p style="text-align: center;">Altri</p> INSTM - Consorzio Interuniv. Scienza e Struttura dei Materiali AIMAT - Associazione Italiana di Ingegneria dei Materiali CIRCC - Consorzio Interuniv. Reattività Chimica e Catalisi AIDIC AIZ - Associazione Italiana Zeoliti Assocompositi GIC GRICU INBB SCI - Società Chimica Italiana Centro Europeo per i Polimeri Nanostrutturati Federchimica

3.3 Progettazione delle reazioni e dei processi

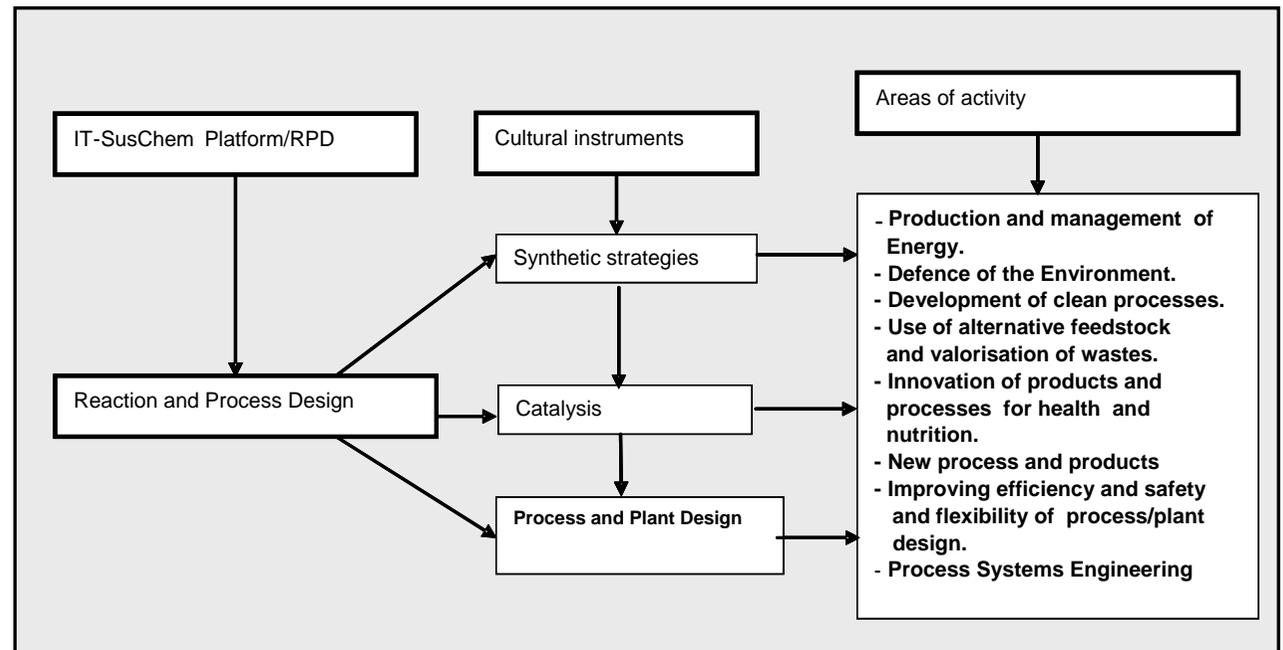
Le aree principali di interesse in Italia sono le seguenti:

- Prodotti e tecnologie per la gestione dell'energia derivante da sorgenti alternative, quali risorse rinnovabili
- Prodotti e tecnologie per una migliore protezione dell'ambiente
- Miglioramento delle strategie per l'introduzione di sostanze attive nel settore della salute
- Nuovi prodotti, vie sintetiche, processi e tecnologie per la produzione di prodotti per la chimica fine, farmaceutica e principi attivi nel settore di nuovi materiali e formulati.

- Processi e tecnologie per l'utilizzo eco-compatibile di materie prime alternative, e di rifiuti di altre lavorazioni
- Miglioramento dell'efficienza energetica e dell'utilizzo di acqua nei processi,
- Miglioramento della sicurezza di processo e di prodotto, e della flessibilità delle operazioni e degli impianti

I principali elementi chiave per raggiungere questi obiettivi sono:

1. nuove strategie di sintesi eco-sostenibili
2. catalisi
3. progettazione eco-compatibile dei processi e impianti



Principali priorità in Italia.

1. Nuove strategie di sintesi

Specifiche sotto-tematiche sono le seguenti:

- a) Nuovi mezzi di reazione.
- b) Nuovi substrati e/o reagenti
- c) Utilizzo di materia prime alternative e nuovi *building blocks*
- d) Riduzione dei passaggi di sintesi e reazioni multifunzionali
- e) Ossidazioni selettive con H_2O_2 e/o O_2
- f) Sintesi speciali
- g) Nuove metodologie per fornire l'energia
- h) Conversione di processi discontinui in continui: microreattori e intensificazione di processo

Nuovi mezzi di reazione

Reazioni in mezzi di reazioni non-convenzionali per una sintesi organica sostenibile, quali sistemi acquosi bifasici, fluidi supercritici, liquidi ionici, etc., permettono sia di migliorare l'eco-compatibilità dei processi di sintesi che la loro intensificazione, permettendo produttività più elevate e la combinazione di reazione e separazione.

E' tuttavia necessario sviluppare sia le conoscenze di base su questi sistemi, che la creazione di *tools* multivalenti (catalizzatori, condizioni di reazione, etc.) che ne permettano l'estensione dell'uso, sia su scala di laboratorio che industriale.

Nuovi substrati e/o reagenti

Vari processi di sintesi organica ancora utilizzano reagenti e condizioni di reazione che portano alla formazione di elevati volumi di rifiuti.

Risulta quindi necessario intensificare lo sviluppo di soluzioni alternative e l'utilizzo di nuovi substrati e/o reagenti che permettano la drastica riduzione dei rifiuti e di emissioni inquinanti.

E' anche necessari sviluppare le tecniche per la valutazione e quantificazione dell'eco-compatibilità e della sicurezza dei nuovi processi.

Utilizzo di materia prime alternative e nuovi *building blocks*

La rapida diminuzione delle attuali materie prime impone la necessità di sviluppare nuovi processi che utilizzino materie prime alternative, e in termini più generali sviluppare una chimica di trasformazione basata su nuovi *building blocks*, ad esempio derivanti da bioraffinerie.

Le materie prime alternative includono sia quelle da sorgenti rinnovabili quali biomasse, ma anche l'utilizzo di rifiuti da altre lavorazioni e l'utilizzo di quelle risorse quali il gas naturale, il carbone, ecc. oggi scarsamente utilizzate nell'industria chimica.

Riduzione dei passaggi di sintesi e reazioni multifunzionali

Occorre ridurre attraverso l'uso di catalisi multifunzionale, approcci *one-pot* e sistemi cascata, l'integrazione tra reazione e separazione, reazioni multicomponenti / multifase, e l'ottimizzazione delle condizioni di reazione, anche attraverso l'uso di tecniche di progettazione della sperimentazione, il numero dei passaggi nelle sintesi organiche.

Ossidazioni selettive con H_2O_2 e/o O_2

E' necessario sostituire l'utilizzo di reagenti di ossidazione stechiometrici con processi catalitici utilizzando H_2O_2 o O_2 , per ridurre la produzione di residui e l'impatto ambientale. La riduzione di emissioni inquinanti e gas a effetto serra può essere ottenuta anche attraverso l'utilizzo di O_2 invece di aria in processi di ossidazione a larga scala con catalisi eterogenea. Sia per i processi con H_2O_2 che con O_2 un fattore chiave è lo sviluppo di nuovi processi/tecnologie per la loro produzione economica, attraverso sintesi diretta di H_2O_2 da miscele H_2/O_2 , o processi a membrana per l' O_2 , uti-

lizzabili anche per produzioni delocalizzate. Questo apre nuove prospettive anche per processi di detossificazione di acque di scarico.

Lo sviluppo di nuovi processi enzimatici o biomimetici di ossidazione è un altro importante obiettivo di quest'area.

Occorre anche individuare nuove vie efficienti di ossidazione catalitica di substrati di origine naturale, quali terpeni e steroidi per produrre intermedi dell'industria farmaceutica, e prodotti derivanti da processi di bioraffineria quali glicerolo.

Sintesi speciali

Nuove molecole quali oligomeri e polimeri con proprietà semiconduttrici combinate a complessi metallici fosforescenti sono sostituiti interessanti dei materiali convenzionali inorganici per applicazioni in elettronica e optoelettronica. Occorre sviluppare nuove sintesi speciali per la loro preparazione.

Occorre sviluppare nuovi protocolli di sintesi che diano alte rese e sotto-prodotti facilmente separabili con tecniche non-cromatografiche, attraverso ad esempio l'utilizzo di sintesi catalizzate da complessi metallici che permettano strategie di sintesi a cascata e/o *one-pot*. Occorre inoltre sviluppare strategie di sintesi modulari applicabili a vaste classi di (*Extended One Pot-EOP*)

Nuove metodologie per fornire l'energia

L'irradiazione con microonde è un metodo utile per intensificare i processi di sintesi. Occorre estenderne l'applicazione dal laboratorio ai processi industriali.

Esistono varie altre tecnologie alternative per fornire l'energia rispetto a quella tradizionali per via termica: radiazioni, elettroni, luce. Occorre sviluppare nuove metodologie di sintesi che sfruttino meglio queste potenzialità. Tecniche che utilizzano plasma non termici o luce hanno dato risultati

promettenti in laboratorio, ma occorre valutarne l'applicabilità su larga scala.

Conversione di processi discontinui in continui: microreattori ed intensificazione di processo

La sintesi di prodotti di chimica fine o farmaceutici, ed il loro impatto sull'ambiente, possono essere migliorati significativamente con l'introduzione di microreattori in processi continui, reattori multiutilizzato, metodologie di intensificazione e modularizzazione del processo, la combinazione di reazione e separazione.

Queste metodologie innovative risultano interessanti anche per produzioni a più larga scala, specialmente per produzioni modulari e delocalizzate.

2. Nuovi catalizzatori per nuovi prodotti e/o processi

Specifiche sotto-tematiche sono le seguenti:

- a) *Nuovi catalizzatori ad alta efficienza per prodotti di chimica fine, farmaceutici e commodities attraverso processi puliti*
- b) *Processi catalizzati da complessi metallici*
- c) *Catalisi asimmetrica*
- d) *Organocatalisi*
- e) *Ulteriori problematiche future per la catalisi*
- f) *Catalisi per un'energia e mobilità sostenibile*
- g) *Catalisi e altre strategie per la protezione dell'ambiente*
- h) *Processi di ossidazione avanzata (AOP) per il trattamento e rimediazione*
- i) *Nanotecnologie nella prevenzione e rimediazione dell'inquinamento*

Nuovi catalizzatori ad alta efficienza per prodotti di chimica fine, farmaceutici e commodities attraverso processi puliti

E' necessario sviluppare nuovi catalizzatori per ridurre il numero dei passaggi ed intensificare il processo, e migliorare l'efficienza e la selettività (regio-, stereo- e enantio-selettiva).

Altre priorità dell'area sono l'integrazione tra catalisi omogenea ed eterogenea a livello di nanoscala, il miglioramento del *atom economy* delle sintesi, e lo sviluppo di nuovi catalizzatori che consentano la riduzione dei rifiuti, e l'utilizzo di solventi e reagenti eco-compatibili. Tra le specifiche sfide lo sviluppo di nuovi catalizzatori e sintesi per la formazione di legami C-C.

Processi catalizzati da complessi metallici

E' necessario lo sviluppo di nuove metodologie catalitiche per la formazione di molecole complesse per l'industria farmaceutica, e di catalizzatori a base di complessi Pd e Rh (inclusi nuovi leganti chelanti) per reazioni quali la carbonilazione ossidativa, e la sintesi di policarbonati aromatici.

E' inoltre necessario comprendere sia i meccanismi di reazione e l'attivazione di molecole, che la struttura (e la relazione struttura-attività) di questi complessi rispetto al loro comportamento in reazioni di coupling C-C tipo Heck, Suzuki, e Sonogashira. L'obiettivo deve essere di sviluppare nuove procedure di sintesi polivalenti e pulite da adottare in modo generalizzato nella preparazione di prodotti per la chimica fine e farmaceutica.

Occorre inoltre studiare la presenza di sinergismi tra questi complessi e catalizzatori bimetallici, e la sostituzione nelle reazioni di coupling dei metalli tradizionali con altri non tossici quali Fe e Cu.

Catalisi asimmetrica

Esiste una richiesta crescente di composti chirali

enantio puri per usi farmaceutici ed agrochimici, per il settore delle fragranze ed aromi, e per materiali speciali.

E' quindi necessario sviluppare nuovi catalizzatori e metodologie di sintesi catalitiche enantioselettive. Interessanti sviluppi recenti sono stati fatti nella preparazione di β - e γ -amino acidi, e nella preparazione di foldameri ed oligomeri con specifiche conformazioni.

Organocatalisi

L'organocatalisi è basata su una catalisi tipo enzimica, ma mediata da piccole molecole organiche. L'importanza deriva dalla possibilità di migliorare l'*atom economy* delle sintesi, e di effettuare reazioni quali ad esempio quelle di catalisi omogenea asimmetrica in assenza di metalli.

Sono possibili varie reazioni interessanti eco-efficienti: sintesi di aminoacidi e peptidi naturali o sintetici per l'industria farmaceutica, quali L-Dopa, L-Azatyrosine, ACE- inhibitors.

La preparazione di questi organocatalizzatori può avvenire a partire da biomasse. Occorre tuttavia comprenderne meglio la sintesi e la funzionalità, specie nell'applicazione in sintesi più complesse di quelle attualmente studiate, e analizzare lo sviluppo di organocatalizzatori con siti multifunzionali. E' inoltre necessario studiarne la riciclabilità.

Varie altre molecole quali composti macrociclici, *molecular clefts* e *multi-component supramolecular assemblies*, mostrano potenzialità analoghe e/o possono assistere nelle reazioni di sintesi catalitiche, ad esempio stabilizzando un tipo specifico di complesso chemiadsorbito od intermedio. Tutto questo settore della comprensione dei meccanismi biomimetici è di crescente importanza.

Ulteriori problematiche future per la catalisi

E' necessario sviluppare nuovi catalizzatori e leganti per reazioni asimmetriche di idrogenazione,

ossidazione, carbonilazione, idroformilazione, e reazioni di *coupling* C-C. Gli studi devono essere estesi da reazioni semplici a substrati di interesse commerciale.

Altro settore di interesse riguarda la catalisi eterogenea chirale tramite l'utilizzo di modificanti organici e/o biocatalizzatori.

Un'altra area rilevante è quella dell'attivazione/funzionalizzazione selettiva del legame C-H in alcani e molecole aromatiche

Devono essere individuati anche nuove classi di catalizzatori operanti in condizioni blande di reazione per il settore delle *commodities*.

Sono necessari in generale progressi (i) nella comprensione dei catalizzatori eterogenei per reazioni quali acido-base (sia di Brønsted che Lewis) e reazioni redox, (ii) nello sviluppo di catalizzatori a porosità regolare quali zeoliti, materiali mesoporosici, ibridi organo-metallici, e (iii) nell'uso multifunzionale e nella nanostrutturazione di ossidi di metalli di transizione (sia come catalizzatori che come supporti per altri ossidi, e/o metalli o leghe). L'utilizzo di metodi computazionali nella loro comprensione deve essere esteso.

Catalisi per un'energia e mobilità sostenibile

Varie sotto-tematiche rientrano in quest'area di rilevante importanza per la società, tra cui:

Bio-Oil Upgrading - Pirolisi di biomasse per dare *Bio-oils*, che devono essere convertiti ulteriormente (*upgrading*) per essere utilizzati in sostituzione (o come additivi) per diesel o benzina. Le vie più promettenti sono le seguenti: (i) idrodeossigenazioni con catalizzatori di idrotrattamento, (ii) *upgrading* con zeoliti e/o materiali mesoporosi, e (iii) conversione a gas di sintesi prima e idrocarburi consecutivamente con processo Fischer-Tropsch.

Bio-H₂ e bio-combustibili. Sono possibili varie vie per produrre H₂ da sorgenti rinnovabili, tra cui *steam reforming* da bioetanolo od altri alcoli e prodotti di fermentazione o idrolisi di biomasse, processi termochimici basati sull'energia solare (ad esempio *reforming* gas naturale con energia solare) e via *splitting* dell'acqua con dispositivi fotoelettrocatalitici. Gli stadi di sviluppo sono differenti, ma occorre investire anche su tecnologie che sebbene a più lungo termine (quali la produzione dell'H₂ per *splitting* dell'acqua con luce solare) risultano necessarie per una sostenibilità futura dell'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico pulito.

Risulta necessario anche sviluppare tecnologie e materiali per lo stoccaggio e trasporto dell'H₂, quali sistemi ibridi organici-inorganici o sistemi mesoporosici modificati. Lo sviluppo di membrane permeoselettive all'idrogeno consentono di migliorare significativamente dal punto di vista energetico i processi attuali di produzione di idrogeno, ed hanno un ruolo rilevante nello sviluppo di future tecnologie per una produzione distribuita di idrogeno.

La produzione di biodiesel da oli vegetali o grassi animali e di bioetanolo (od altri prodotti di fermentazione) da biomasse richiede di migliorare i catalizzatori attuali. Risulta inoltre necessario sviluppare nuovi processi che utilizzino eventuali sottoprodotti, quale la glicerina.

Risulta anche necessario sviluppare metodi che permettano di creare prodotti chimici a partire da CO₂.

Celle a combustibile - Risulta necessario sviluppare nuovi elettrocatalizzatori (i) più efficienti e/o resistenti alla disattivazione, (ii) senza metalli nobili, (iii) che permettano la conversione diretta di idrocarburi, alcoli o altre sostanze organiche senza una fase di pre-processo, e (iv) che siano più economici. Risulta necessario migliorare l'*engine-*

ering specie di sistemi *multi-stack*, e sviluppare membrane alternative e innovative.

Isi e altre strategie per la protezione dell'ambiente

E' necessario sviluppare ulteriormente tecnologie catalitiche per la protezione dell'ambiente, per la riduzione dell'impatto globale dello sviluppo sociale sull'ambiente (gas a effetto serra, piogge acide, distruzione strato ozono, qualità dell'acqua - microinquinanti, nitrati, pesticidi e altri prodotti alogenati, EPOC, etc. -, qualità dell'aria - NOx, SOx, VOC, O₃, ecc. - e rifiuti solidi, alterazione della biodiversità, ecc.).

In aggiunta a tecnologie di rimediazione ed *end-of-pipe*, occorre sviluppare strategie di prevenzione dell'inquinamento e di riciclo dell'acqua, dei sotto-prodotti e rifiuti.

Processi di ossidazione avanzata (AOP) per il trattamento e rimediazione dell'acqua

Lo sviluppo ulteriore e l'applicazione di processi di ossidazione avanzata (AOP) è un elemento essenziale per il miglioramento della qualità dell'acqua, in considerazione anche dell'accumulo crescente di sostanze quali sostanze inquinanti persistenti (POPs - ad esempio diossine e furani, PCBs, idroclorobenzene - HCB - e vari idrocarburi aromatici - PAHs), composti alogenati e fenolici, ormoni e sostanze inibitori della crescita, prodotti farmaceutici, ecc. che non sono convertite dai processi attuali.

Sono in fase di sviluppo varie tecniche quali processi tipo Fenton e di ossidazione catalitica, radiolisi pulsata, plasma non termico, fotolisi a pulsii, metodi elettro- e sono-chimici, ecc. E' tuttavia necessario lo *scale-up* di queste tecniche e la loro implementazione.

Nanotecnologie nella prevenzione e rimediazione dell'inquinamento

Le tecnologie di protezione dell'ambiente possono beneficiare significativamente dalla comprensione a livello di nanoscala delle proprietà chimiche.

Sono da considerare i seguenti aspetti principali:

Prevenzione dell'inquinamento Catalizzatori nanostrutturati permettono di aumentare la selettività, riducendo i prodotti secondari e l'inquinamento. Assemblando nanostrutture da biopolimeri o materiali bio-mimetici è possibile costruire dispositivi bioelettronici in un approccio rispettoso dell'ambiente. L'applicazione di nanotecnologie permette di sostituire materiali con impatto negativo sull'ambiente, ad esempio tubi catodici con dispositivi LCD.

Trattamento e rimediazione. Utilizzando nanoparticelle si può stimolare la bio-rimediazione, ad esempio per contaminazione da solventi organici clorurati. Nanoparticelle fotocatalitiche di TiO₂ o ZnO permettono la rimediazione sia del suolo che dell'acqua con metodologie a basso costo e basso impatto ambientale. L'uso di nanoparticelle permette di migliorare significativamente il comportamento in reattori *slurry ex situ* per la decontaminazione di suoli, acque e rifiuti solidi.

Metodi. Occorre sviluppare nuove metodologie di sintesi controllata di nanostrutture 1D, 2D e 3D, in interazione con metodologie computazionali per la predizione del comportamento a livello di nanoscala.

3. Sintesi e caratterizzazione di nanosistemi

Specifiche sotto-tematiche sono le seguenti:

- a) *Sintesi, funzionalizzazione e processabilità di nanoparticelle*
- b) *Modellazione e progettazione di building-blocks per materiali nanostrutturati*
- c) *Mastering e assemblaggio di nanocristalli a materiali nanostrutturati funzionalizzati*
- d) *Modellazione di nanostrutture*

Sintesi, funzionalizzazione e processabilità di nanoparticelle

Metodi colloidali permettono di preparare una vasta classe di semiconduttori (ad es. CdSe, CdS, ZnS, ZnSe), ossidi (ad es. ZnO, TiO₂), metalli (ad es. Au, Ag) e materiali magnetici con nanodimensioni e proprietà controllate. Possono essere preparate anche strutture tipo *core-shell* (ad es. CdSe@ZnS e CdS@SiO₂).

Si può inoltre manipolare le loro proprietà di superficie per drogaggio, ancorando complessi o molecole organiche, tensioattivi, ecc., in modo sia da variare in maniera controllata le proprietà superficiali che regolare il loro autoassemblaggio e *sintering*.

Varie strategie possono poi essere adottate per costruire strutture 2D o 3D a partire da questi cristalli, ottenendo strutture con nanodimensione controllata sia di tipo omogeneo, che eterogeneo, assemblando etero nanostrutture. Per preparare superfici e film sottili possono essere usate sia tecniche di auto-organizzazione che di *nanopatterning* superficiale. Le strategie di assemblaggio devono essere supportate anche da adeguata modellazione.

Modellazione e progettazione di *building-blocks* per materiali nanostrutturati

Si possono individuare i seguenti principali campi di attività:

- modellistica che crei un ponte comportamento molecolare e macroscopico
- descrizione dei fenomeni alla nano-interfaccia attraverso nuovi approcci di dinamica molecolare (*force fields*)
- sviluppo di metodi rigorosi per includere e risolvere gli effetti stocastici e l'*upscaling*
- miglioramento dell'attendibilità quantitativa degli algoritmi di descrizione degli stati di base ed elettronicamente eccitati
- comprensione dell'interazione intermolecolare e sua modellazione, predizione dei fenomeni di auto-assemblaggio
- sviluppo di strategie che permettano di derivare dalle proprietà desiderate il tipo di composizione e nanostruttura richiesta

Mastering e assemblaggio di nanocristalli a materiali nanostrutturati funzionalizzati

Nanocompositi. Nanocompositi di polimeri con nanoparticelle permettono di modificare varie proprietà importanti come comportamento meccanico e termico, proprietà elettriche e conduttive, fotoattività e luminescenza, proprietà magnetiche e catalitiche.

Risulta tuttavia necessario comprendere meglio le proprietà all'interfaccia, come migliorare la dispersione (ad es. di nanotubi di carbonio in polimeri), e come predire le proprietà sulla base della composizione, dispersione e interfaccia.

Nanostrutture inorganiche/biologiche. Nanoparticelle metalliche e di semiconduttori possono essere fatte interagire con macromolecole biologiche (peptidi, proteine, acidi nucleici, ecc.), permettendo di sviluppare nanosistemi molto interessanti come sensori, per *labelling* biologico, e nella dia-

gnostica medica.

Nanocristalli fotocatalitici e per la conversione dell'energia. Ossidi di semiconduttori quali TiO_2 e ZnO trovano applicazione in vari processi di depurazione fotocatalitica, ma le loro proprietà devono essere ulteriormente promosse attraverso nanostrutturazione per migliorare la resa quantica e l'attività con luce visibile.

La comprensione di questi aspetti ne permetterà anche l'applicazione al settore delle nuove celle fotovoltaiche, fotoelettrochimiche e per la produzione di H_2 per *splitting* fotocatalitico dell'acqua.

Eterogiunzioni di nanoparticelle di semiconduttori e/o con nanocluster metallici sono anche direzioni interessanti di ricerca.

Modellazione di nanostrutture

Risulta necessario sviluppare modelli chimico-fisici che permettano di predire l'impatto delle nanoparticelle sull'ambiente, il loro comportamento sulla base delle caratteristiche della nanostruttura, la loro interazione con tensioattivi, solventi e altre molecole, l'auto-aggregazione di nanoparticelle (ad esempio attraverso simulazioni con dinamica molecolare).

Occorre sviluppare modelli per descrivere il comportamento di nanoparticelle in matrici polimeriche, e in genere in sistemi ibridi, e che permettano un'accurata descrizione dei fenomeni all'interfaccia e supramolecolari.

4. Progettazione impianti e processi

Specifiche sotto-tematiche sono le seguenti:

- a) *Nuovi processi per combustibili e fonti di energia alternative*
- b) *Engineering avanzato dei prodotti e di sistema*
- c) *Intensificazione di processo*
- d) *Tecniche in silico*

Nuovi processi per combustibili e fonti di energia alternative

La transizione a un'economia basata sull'idrogeno richiede un cambiamento sia nelle vie di produzione attuali, introducendo processi più efficienti dal punto di vista energetico, attraverso ad esempio l'uso di membrane per realizzare lo *steam reforming* a temperature più basse, che introducendo progressivamente nuove metodologie di produzione (da biomasse inizialmente e successivamente da energia solare - celle fotovoltaiche/elettrolisi, oppure *splitting* diretto per via termochimica, fotocatalitica o fotoelettrochimica).

In una fase intermedia l'attuale energia basata su fonti di carbonio può diventare più sostenibile introducendo metodologie di sequestrazione della CO_2 , oppure attraverso la sua riconversione a prodotti chimici. In una prospettiva a più lungo termine è possibile il riciclo della CO_2 a combustibili usando luce solare come fonte energetica. Estendendo le conoscenze in quest'area è possibile sviluppare una chimica basata sulla trasformazione della CO_2 a materie prime alternative al petrolio.

Il gas naturale è una fonte alternativa interessante per sviluppare nuovi processi per ottenere prodotti chimici. In una prospettiva a breve termine l'ossidazione autotermica parziale del gas naturale può essere un'alternativa allo *steam-cracking* per produrre *syngas*, ad esempio utilizzando nuovi sistemi bifunzionali a base di metalli nobili supportati su perovskiti. A più lungo termine il gas naturale può essere convertito direttamente a prodotti chimici. Questo richiede lo sviluppo di specifiche conoscenze sull'azione selettiva in condizioni blande di reazione del legame C-H in alcani.

Catalizzatori strutturati per l'ossidazione di miscele ricche metano/aria possono essere utilizzati in reattori autotermici a breve tempo di contatto abbinati a turbine a gas per ridurre le emissioni in-

quinanti e aumentare l'efficienza.

Analoghi catalizzatori/reattori possono essere utilizzati per convertire selettivamente miscele metano/etano a etilene.

La gassificazione di biomasse per produrre *syngas* per turbine a gas o celle richiede lo sviluppo di nuovi catalizzatori (più stabili, meno sensibili alla disattivazione, meccanicamente più resistenti) che permettano di eliminare stadi costosi quali l' *hot gas cleaning*.

Combustibili liquidi alternativi quali bioetanolo, biobutanolo, dimetiletere e biodiesel richiedono di sviluppare nuovi processi e catalizzatori per convertire biomasse alternative a quelle attuali (cellulosa e residui da biomasse) a zuccheri fermentabili. Occorre sviluppare nuovi processi eco-compatibili di pretrattamento (quelli attuali usano acido solforico) per solubilizzare l'emicellulosa e permetterne l'attacco enzimatico di idrolisi. Devono contemporaneamente essere sviluppate nuove metodologie integrate di separazione, ad esempio basate su membrane, che permettano la riduzione dei costi.

Occorre infine ottimizzare il consumo energetico nei processi attuali attraverso un'integrazione di processo e *tools* appropriati.

Engineering avanzato dei prodotti e di sistema

Occorre sviluppare nuove procedure per la formulazione di prodotti nanostrutturati, è necessario introdurre nuovi algoritmi e procedure di controllo della qualità dei prodotti che permettano la riduzione degli scarti, è necessario porre su basi scientifiche la chimica di formulazione attraverso una collaborazione diretta accademia-industria.

Esempi di nuovi prodotti avanzati e/o metodologie di loro produzione sono i seguenti:

- Nuovi metodi per processi di reazione-precipitazione per dare nanomateriali. Ad e-

sempio metodologie sol-gel per produrre TiO_2 per coatings superficiali, ed idrossapatite per impianti nel corpo umano.

- Uso di sistemi ibridi basati sull'integrazione di più operazioni. Ad esempio accoppiamento di membrane a processi di cristallizzazione e distillazione del solvente per ottenere proteine. Utilizzo di membrane ad alta temperatura per aumentare la selettività/produttività in reazione redox.
- Uso di tecniche innovative di preparazione/separazione, quali espansione rapida in soluzioni supercritiche (RESS), precipitazione supercritica antisolvente (SAS), particelle da soluzioni sature di gas (PGSS) e depressurizzazione in soluzione organica espansa (DELOS).
- Controllo avanzato di processo, che permette un miglioramento dell'economicità di processo, della qualità dei prodotti e la riduzione dell'impatto ambientale.

Gli aspetti di sicurezza, sia del processo produttivo che dei prodotti, sono aspetti di crescente importanza, così come lo sviluppo di metodologie per la riduzione del rischio.

Occorre introdurre tecniche LCA (*Life cycle assessment*) nella valutazione dei prodotti e processi, incluso nell'analisi delle alternative possibili, e introdurre sistemi avanzati di *supply chain management*.

Modelli teorici e cinetici di reazioni complesse, abbinati a programmi di simulazione di processo permettono un'ottimizzazione della produzione, riducendo i consumi di materie prime ed energetiche. L'implementazione di sistemi automatici di controllo e regolazione, abbinati a nuovi sviluppi nel settore della miniaturizzazione di sensori, attuatori ed elettronica relativa permettono processi più efficienti e sicuri.

Intensificazione di processo

L'integrazione e intensificazione di processo è un elemento critico per migliorare l'efficienza e sicurezza dei processi/impianti. L'intensificazione di processo può essere realizzata attraverso accoppiamenti reazione/separazione, e trasferimento di massa/calore. Catalizzatori e reattori strutturati permettono di ottimizzare l'efficienza sia a livello di micro- che di macro-scala. L'utilizzo di membrane per spostare l'equilibrio è un altro esempio di possibile approccio verso un'intensificazione di processo.

La tecnologia dei microreattori per l'intensificazione di processo ha fatto significativi progressi e i primi esempi industriali nel settore della produzione di chimica fine sono già disponibili, in particolare per rendere continui processi discontinui. Questo porta a un vantaggio economico e a una riduzione dell'impatto ambientale.

La miniaturizzazione di impianto e processo, e la sua modularizzazione sono concetti in fase di sviluppo, ma che rappresentano un possibile cambiamento significativo per migliorare l'eco-compatibilità dei processi chimici. In questo contesto l'integrazione dell'*engineering* chimico e biochimico rappresenta un fattore importante.

Nei processi multifase l'integrazione e l'intensificazione di processo permettono di abbinare una migliore economicità ad una riduzione dei rischi, del consumo energetico e di materie prime, e della produzione di rifiuti. Tecniche di controllo dei micro-fluidi permettono di ottimizzare il mescolamento e lo scambio di calore, con conseguenti aumenti nella resa e nella gestione del processo, e riduzione nei sotto-prodotti.

Tecniche *in silico*

Sono stati fatti sviluppi molto significativi nelle tecniche computazionali ad elevate prestazioni (HPC), nell'*engineering* di sistema dei processi (PSE), nelle tecnologie dei sensori e nei sistemi distribuiti di controllo. Questo permette a tecniche *in-silico* di rivoluzionare l'industria chimica nei prossimi 20 anni.

Attraverso l'integrazione di chimica teorica, chimica-fisica e idrodinamica su scala molecolare, scienza dei materiali, chimica e cinetica, ecc., sarà possibile sviluppare modelli delle reazioni e processi industriali che permettano di predire le operazioni limitando la necessità di sperimentazione. Questo permetterà la predizione di nuovi comportamenti, l'ottimizzazione di processo e la sua gestione in sicurezza.



Università, centri di ricerca e industrie che sono ringraziate per la loro partecipazione alla preparazione del piano programmatico per la progettazione delle reazioni e di processo

Università	Industrie & Spin offs	Centri di Ricerca
Polytechnic of Milano Polytechnic of Torino University of Bari University of Bologna University of Camerino University of Firenze University of Genova University of L'Aquila University of Messina University of Milano University of Napoli "Federico II" (Science Faculty) University of Napoli "Federico II" (Engineering Faculty) University of Padova University of Palermo University of Pavia University of Pisa University of Roma "La Sapienza" University of Roma "Tor Vergata" University of Torino University of Tuscia University of Urbino	FEDERCHIMICA (representing more than 1350 enterprises) ENDURA SpA CIBA Italia ENI-Milano ENEA- Roma DOW ITALIA SpA Solvay Solexis SpA Radici SpA Mossi & Ghisolfi SpA	CNR- ICCOM-Firenze Istituto Superiore di Sanità ENEA- Roma CNR-Istituto di Ricerche sulla Combustione- Napoli <p style="text-align: center;">Altri</p> SCI - Società Chimica Italiana INSTM - Consorzio Interuniv. Scienza e Struttura dei Materiali CIRCC - Consorzio Interuniv. Reattività Chimica e Catalisi CIRCMSB - Consorzio Interuniv. di Ricerca in Chimica dei Metalli nei sistemi biologici CINMPIS - Consorzio Interuniv. Nazionale "Metodologie e Processi Innovativi di Sintesi" AIDIC- Associazione Italiana di Ingegneria Chimica AIZ – Associazione Italiana Zeoliti GIC- Gruppo Interdivisionale di Catalisi GRICU- Gruppo Ricercatori di Ingegneria Chimica dell'Università

3.4 Aspetti orizzontali

Questa sezione tratta delle azioni che sono necessarie per promuovere un ambiente operativo e culturale che sostenga le attività di ricerca e innovazione delineate nelle sezioni tematiche precedenti. Queste attività trovano il loro naturale inquadramento nell'ottica dello sviluppo sostenibile al quale portano un contributo determinante. Questo collegamento, molto spesso ignorato se non addirittura negato, passa attraverso una sua generalizzata comprensione che per realizzarsi richiede:

- promozione del ruolo della chimica, nei suoi vari aspetti, come elemento determinante lo sviluppo della società, e la qualità della vita
- promozione della comprensione da parte del pubblico di come la chimica contribuisca al suo livello di benessere, e di come attraverso una mutua interazione e comprensione sia possibile accelerare uno sviluppo concertato sostenibile
- promozione del ruolo dell'educazione, a vari livelli - da quello sullo studente a quello di chi insegna la chimica a quello di chi diffonde informazione scientifica -, per creare una corretta informazione e stimolare attenzione all'innovazione nel tessuto produttivo
- promozione del concetto di sviluppo sostenibile come mediazione concertata tra sviluppo economico, protezione dell'ambiente e sviluppo della società e della qualità della vita.

Realizzare questi obiettivi implica anche di creare azioni che permettano di migliorare una visione positiva e motivata verso uno sviluppo sostenibile. Tra queste azioni occorre citare:

- a) definire criteri per una valutazione quantitativa del progresso verso la sostenibilità che possa essere associato a ogni azione concreta;

- b) sviluppare un'attitudine che focalizzi l'attenzione verso i bisogni della società per orientare la ricerca e produzione
aumentare l'attenzione ad una comunicazione dove i benefici e rischi siano presentati chiaramente.

A questo fine risulta necessario:

- 1) stimolare un'analisi completa, attraverso procedure quali il *Life Cycle Assessment* (LCA), dei prodotti e processi chimici. Tra le azioni creare un *Life Cycle Inventory* (LCI) *database*, specifico per l'Italia.
- 2) dare supporti alle PMI, attraverso la creazione di *tools* semplificati per una analisi della sostenibilità e sicurezza, ed implementazione delle azioni necessarie. L'introduzione delle regolamentazioni legate al REACH rappresenta un'opportunità unica in questa direzione.
- 3) contribuire a instaurare un approccio dialettico tra imprese ed autorità competenti nella attuazione delle procedure applicative delle norme ambientali, ponendo al centro dell'attenzione il processo e le innovazioni ad esso apportate. A questo fine sono necessarie anche opportune azioni di promozione e la coordinazione delle agenzie nazionali e locali (APAT, ARPA, ISS, ecc.).

Una coordinazione tra tutti questi aspetti, attraverso una piattaforma nazionale ove siano presenti tutti gli attori del settore (Società Chimica Italiana, Federchimica e industrie del settore, associazioni dell'ingegneria chimica e biotecnologica, i centri di ricerca pubblica e privata, i consorzi universitari, le associazioni ambientali, ecc.) rappresenta una possibilità unica per un salto di qualità verso la sostenibilità altrimenti difficile o non possibile.

4. Struttura e Governance di IT- SusChem

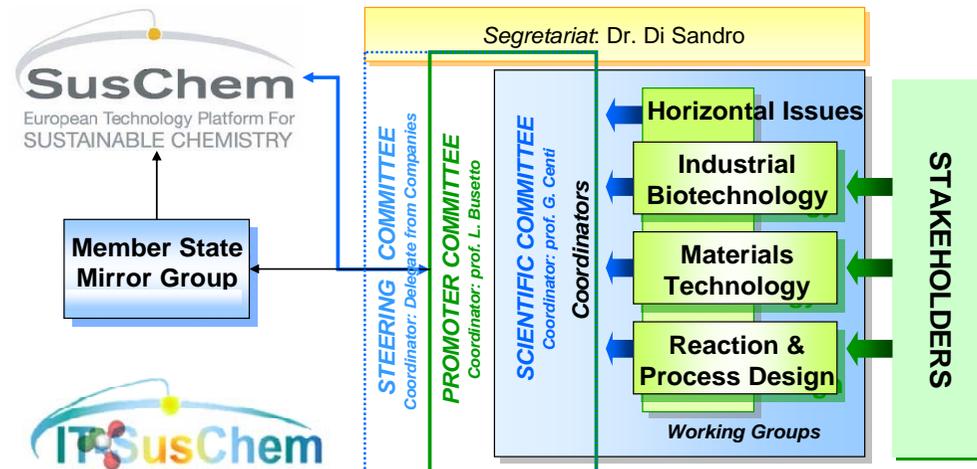
COMITATO PROMOTORE

Coordinatore *ad interim*: Luigi Busetto (Università di Bologna): luigi.busetto@unibo.it

- Nicola Barbini (*Board* della piattaforma Europea “SusChem”)
- Fabrizio Cavani (Università di Bologna)
- Gabriele Centi (Università di Messina e INSTM)
- Fabio Fava (Università di Bologna)
- Giovanni Pieri (delegato MUR per l'industria nel *Mirror Group* della piattaforma Europea SusChem)
- Vito Pignatelli (ENEA Casaccia, Roma)
- Pietro Tundo (Università di Venezia)
- Sesto Viticoli (CNR, Roma)

COMITATO SCIENTIFICO

Coordinatore: Gabriele Centi (Università di Messina): centi@unime.it



Sezione: **“BIOTECNOLOGIE INDUSTRIALI”**

Coordinatore: Fabio Fava (Università di Bologna): fabio.fava@unibo.it

- Laura Bardi (Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura C.R.A.- Roma)
- Riccardo Basosi (Università di Siena)
- Gianluca Cencia (Federambiente, Roma)
- Enrica Galli (Università di Milano)
- Lucia Gardossi (Università di Trieste & Associazione di Biocatalisi e Bioseparazioni)
- Marco Gobbetti (Università di Bari)
- Gabriele Iorio (Università della Calabria & CRICU)
- Mauro Majone (Università di Roma “La Sapienza”)
- Giuseppe Martini (CNR – Roma)
- Roberto Morabito (ENEA Casaccia, Roma)
- Patrizia Perego (Università di Genova)
- Danilo Porro (Università di Milano-Bicocca, EFB & Commissione Ministeriale Biotecnologie Industriali)
- Enrico Rizzarelli (Università di Catania)
- Giovanni Sannia (Università di Napoli “Federico II”)
- Leonardo Vingiani (Assobiotec, Roma)

Sezione : **“TECNOLOGIA DEI MATERIALI”**

Coordinatore: Josè M. Kenny (Università di Perugia): jkenny@unipg.it

- Mimmo Acierno (Università di Napoli e CNR di Napoli)
- Catia Bastioli (Novamont – Novara)
- Damiano Beccaria (Hexion Specialty Chemicals)
- Piero Cavigliasso (PROPLAST)
- Emo Chiellini (Università di Pisa)
- Alberto Cigada (Politecnico di Milano)
- Enrico Costantini (BASELLPolyolefins – Ferrara)
- Saverio Russo (Università di Genova & INSTM)
- Gianfranco Scorrano (Università di Padova)
- Francesco La Mantia (Università di Palermo)
- Claudio Migliaresi (Università di Trento)
- Carlo Taliani (CNR di Bologna)
- Teodoro Valente (Università di Roma “La Sapienza” & AIMAT)
- Claudio Zannoni (Università di Bologna & INSTM)

Sezione **“PROGETTAZIONE DI PRODOTTI E PROCESSI”**

Coordinatori: Elio Santacesaria (Università di Napoli and SCI): elio.santacesaria@unina.it;

Alfredo Ricci (Università di Bologna): ricci@ms.fci.unibo.it

- Michele Aresta (Università di Bari & CIRCC)
- Alberto Bertucco (Università di Padova & GRICU)
- Claudio Bianchini (CNR di Firenze)
- Renato Bozio (Università di Padova & INSTM)
- Marta Catellani (Università di Parma & CIRCC)
- Angelo Chianese (Università di Roma “La Sapienza” & AIDIC)
- Attilio Citterio (Politecnico di Milano)
- Salvatore Coluccia (Università di Torino)
- Giuseppe Filardo (Università di Palermo & CIRCC)
- Cosimo Franco (Endura S.p.A - Bologna)
- Dario Lazzari (CIBA – Sasso Marconi, Bologna)
- Luigi Messori (Università di Firenze & CIRCMSB)
- Francesco Naso (Università di Bari)
- Carlo Perego (ENI S.p.A)
- Luca Prodi (Università di Bologna)

Sezione "HORIZONTAL ISSUES"

Francesco Santarelli (Università di Bologna) francesco.santarelli@unibo.it

Gian Maria Bonora (SCI- Società Chimica Italiana) bonora@units.it

- Gianfranco Bologna (Direttore scientifico di WWF - World Wide Fund for Nature)
- Luciano Morselli (Coordinatore di *Ecomondo*, the International Traid Fair on Material and Energy Recovery and Sustainable Development, Università di Bologna)
- Ermete Realacci (Presidente onorario di Legambiente)
- Ferruccio Trifirò (Direttore di *La Chimica e l'Industria* - Milano; Giornale della Società Chimica Italiana, Università di Bologna)

IT-SusChem Web Site

- <http://www.unibo.it/Ricerca/ITSusChem.htm>
(sul sito sono disponibili le attività svolte e pianificate, i documenti prodotti, le pubblicazioni e i documenti prodotti e i contatti)
- <http://www.unibo.it/Portale/Ricerca/suschem.htm>
(sul sito sono disponibili informazioni sul lancio della piattaforma, i comunicati stampa ed articoli relativi, etc)

5. Stakeholders partecipanti a IT- SusChem

Associazioni di Industrie, industrie & Centri di ricerca privati

1. **FEDERCHIMICA**
2. **Assobiotec** - Associazione Nazionale per lo Sviluppo delle Biotecnologie
3. **UNIPRO** - Associazione Italiana delle Imprese Cosmetiche
4. **FEDERAMBIENTE**
5. **Agri 2000 Soc. Coop.**
6. **INTESA SANPAOLO** - International Affairs
7. **BioDec** SRL
8. **Biodiversity** SpA
9. **BIOSEARCH AMBIENTE** SRL
10. **Biosensor** Srl
11. **Biosphere** S.p.A.
12. **Biosynthex** srl
13. **BioTecnologie** BT S.r.l.
14. **Consorzio Stabile COSINT** s.c.r.l.
15. **Contento Trade**
16. **DETECH** srl
17. **Dipietro Automazione** Srl
18. **ESI Italia** srl
19. **GECOsistema** srl
20. **GUABER** S.p.A.
21. **Hexion Specialty Chemicals** S.r.l.
22. **ITEA** SPA
23. **ITER** srl
24. **LABOR** S.r.l.
25. **Laboratori ARCHA** SRL.
26. **LENVIROS** srl
27. **Ma.Tec. Materials Technologies**
28. **Marcopolo Engineering** Spa
29. **MAVI SUD** S.R.L.
30. **Micromeritics** Srl
31. **Migi** srl
32. **Naxospharma** srl
33. **Novamont** SpA
34. **P GROUP** s.r.l
35. **Plasma Solution** S.r.l., spin off dell'Università di Bari
36. **POLYNT** S.p.A.

37. **Process Service** s.r.l.
38. **Radicipartecipazioni** spa
39. **Riservice** srl
40. **S.T.A.** SRL
41. **Sacmi Imola** S.C.
42. **Scriba Nanotecnologie** Srl
43. **Sea Marconi Technologies** di V. Tumiatti s.a.s.
44. **Serichim** Srl
45. **Sincrotrone Trieste** S.C.p.A.
46. **SO.F.TER.** SPA
47. **SOGRAF CHEMICAL** srl
48. **SPES** s.c.p.a
49. **Sud Chemie Catalysts italia** S.r.L
50. **Sviluppo Chimica** spa
51. **Sviluppumbria** spa
52. **T.S.A.** spa
53. **Vulcafex** Spa
54. **E.Ge.Co. Soluzioni Ambientali** srl

Università, Centri di eccellenza & Consorzi Interuniversitari Nazionali

Per la sezione di Biotecnologie Industriali

55. **Centro di Eccellenza per la Biosensoristica**
56. **Vegetale e Microbica dell'Università di Torino (CEBIOVEM)**
57. **Consorzio Interuniversitario Biotecnologie (C.I.B.) (25 Università consorziate)**
58. **Consorzio Interuniversitario "Istituto Nazionale Biostrutture e Biosistemi" (INBB) (25 Università consorziate)**
59. **Consorzio Interuniversitario di Ricerca in chimica dei Metalli nei sistemi Biologici (CIRCMSB) (21 Università consorziate)**
60. **Consorzio interuniversitario di ricerca in economia e marketing dei prodotti agroalimentari**
61. **HeteroBioLab** - Laboratorio di progettazione, sintesi e studio di eterocicli biologicamente attivi-**(HBL)**
62. **Mycotheca Universitatis Taurinensis (MUT)**
63. **Consorzio di Ricerche Applicate alla Biotecnologia (CRAB)**

Per la sezione di Tecnologie dei Materiali:

64. Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (INSTM) (44 Università consorziate)
65. Centro di Riferimento INSTM: NIPLAB
66. Centro di Eccellenza Materiali
67. Innovativi Nanostrutturati per applicazione chimiche fisiche e biomediche (CEMIN)
68. Centro di Eccellenza Superfici ed Interfasi Nanostrutturate (NIS)

Per la sezione di Prodotti e Processi Chimici:

69. Centro interuniversitario per lo Sviluppo della Sostenibilità dei Prodotti (CE.SI.S.P.)
70. Consorzio Nazionale Interuniversitario per le scienze fisiche della materia (CNISM) (37 Università consorziate)
71. Consorzio Interuniversitario Reattività Chimica e Catalisi (CIRCC) (18 Università consorziate)
72. Consorzio Interuniversitario di Ricerca in chimica dei Metalli nei sistemi Biologici (CIRCMSB) (21 Università consorziate)
73. Consorzio Interuniversitario Nazionale "Metodologie e Processi Innovativi di Sintesi" (C.I.N.M.P.I.S.) (16 Università consorziate)
74. HeteroBioLab – Laboratorio di progettazione, sintesi e studio di eterocicli biologicamente attivi (HBL)

Adesioni aggiuntive:

75. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
76. Centro di eccellenza dell'Università degli Studi di Milano
77. Laboratorio A Rete regionale per le Acque – FE 120 Obiettivo 2
78. Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università degli Studi di Torino

Università:

(Università che hanno aderito direttamente, indipendentemente dalla loro partecipazione ai Consorzi Interuniversitari Nazionali che sostengono la piattaforma)

79. Politecnico di Milano
80. Politecnico di Torino
81. Università La Sapienza di Roma
82. Università degli studi di Bari
83. Università degli Studi dell' Insubria
84. Università degli Studi della Tuscia
85. Università degli Studi dell' Aquila
86. Università degli Studi di Brescia
87. Università degli Studi di Cagliari
88. Università degli Studi di Camerino
89. Università degli Studi di Catania
90. Università degli Studi di Ferrara
91. Università degli Studi di Genova
92. Università degli Studi di Messina
93. Università degli Studi di Milano
94. Università degli Studi di Milano - Bicocca
95. Università degli Studi di Palermo
96. Università degli Studi di Parma
97. Università degli Studi di Perugia
98. Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
99. Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
100. Università degli Studi di Salerno
101. Università degli Studi di Siena
102. Università degli Studi di Torino
103. Università degli Studi di Trieste
104. Università degli Studi di Udine
105. Università degli Studi di Urbino
106. Università della Basilicata
107. Università della Calabria
108. Università di Cagliari
109. Università di Firenze
110. Università di Lecce
111. Università di Modena e Reggio Emilia
112. Università di Napoli "Parthenope"
113. Università di Napoli Federico II
114. Università di Pisa
115. Università Politecnica delle Marche –
116. Dipartimento di Scienze degli Alimenti

Associazioni

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 117. Associazione Italiana Chimica per l'Ingegneria (AIC Ing) 118. Associazione Italiana Di Ingegneria Chimica (AIDIC) 119. Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole (AIM) 120. Associazione Italiana di Ingegneria dei Materiali (AIMAT onlus) 121. Associazione Industriale per la Ricerca Italiana (AIRI/ Nanotec IT) 122. Associazione Italiana Zeoliti onlus 123. Associazione Nazionale dei Biotecnologi Italiani (ANBI) 124. Confindustria 125. Consiglio Nazionale dei Chimici (CNC) 126. Costituenda Associazione Italiana Chimica e Tecnologia delle Ciclodestrine 127. EGOCREANET / ON_NS 128. Gruppo di Ingegneria Chimica dell'Università (GRICU) 129. KYOTO CLUB 130. Ricerche e tecnologie cosmetologiche (RTC) 131. ECNOALIMENTI S.C.p.A | <ul style="list-style-type: none"> 143. CNR Sesto Fiorentino (FI) 144. CNR, Istituto di Chimica del Riconoscimento Molecolare, Milano 145. ENEA 146. ENEA C. R. Casaccia (RM) ENEA C. R. Trisaia (MT) 147. ENEA Bologna, Bologna 148. Gruppo di ricerca "Interferenti Endocrini", Dip. Sanità Alimentare ed Animale – Istituto Superiore di Sanità (ISS) 149. ISTE C.N.R. 150. Istituto di Chimica e Tecnologia dei Polimeri del Consiglio Nazionale delle Ricerche 151. Istituto di ricerche sulla combustione -CNR 152. Istituto per lo Studio delle Macromolecole (I-SMAC) del CNR 153. Stazione Sperimentale per le industrie degli oli e grassi |
|---|--|

Altri Centri di Ricerca

- 132. Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura – (C.R.A.)
- 133. Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, SOP di Torino
- 134. Centro Ceramico - Bologna - Centro di Ricerca e Sperimentazione per l'Industria Ceramica
- 135. Centro per l'Istruzione Professionale e l'Assistenza Tecnica- (CIPAT)
- 136. Centro Regionale di Competenza Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale (AMRA)
- 137. Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
- 138. CNR - ISTITUTO FOTONICA E NANOTECNOLOGIE – SEZIONE TRENTO
- 139. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Biostrutture e Bioimmagini Catania
- 140. CNR Bari
- 141. CNR Istituto di Chimica Biomolecolare, Catania
- 142. CNR Istituto di Chimica Biomolecolare, Napoli

Questa è la lista degli *Stakeholders* che hanno aderito ufficialmente alla Piattaforma IT-SusChem.

Aggiornamento: 1 Marzo, 2007.

Si puo' aderire ad IT SusChem secondo la procedura riportate sul sito web:

<http://www.unibo.it/Ricerca/ITSusChem.htm>