

Andrea Porcari^a, Rinaldo Psaro^b

^aAIRI, Associazione Italiana per la Ricerca Industriale
porcari@airi.it

^bCNR Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche “Giulio Natta”
rinaldo.psaro@scitec.cnr.it

INNOVAZIONI DEL PROSSIMO FUTURO PER L'INDUSTRIA ITALIANA: IL VALORE ABILITANTE DI “CHIMICA E MATERIALI”

Il rapporto di AIRI Le Innovazioni del Prossimo Futuro affronta il tema della collaborazione pubblico-privato in dieci settori industriali strategici per l'Italia - tra cui Chimica e Materiali - proponendosi come strumento di orientamento per imprese, istituzioni e investitori. Giunto alla sua undicesima edizione, lo studio rappresenta un unicum nazionale per attività di technology assessment e foresight. In questo articolo analizziamo i risultati emersi per il settore Chimica e Materiali.

Oggi più che mai, tecnologia e innovazione sono al centro dello sviluppo industriale e condizionano in modo decisivo le traiettorie di crescita e autonomia strategica delle imprese e del sistema Paese. L'impegno e gli investimenti in ricerca e innovazione sono uno strumento essenziale per adattarsi alle rapide dinamiche del contesto socio-economico e ai mutamenti della domanda.

La capacità di innovare è legata alla combinazione di una molteplicità di fattori sia organizzativi sia di sistema, tra i quali formazione, competenze e risorse, collaborazione e capacità di previsione e anticipazione.

Queste sono le ragioni che hanno portato alla pubblicazione della collana *Le Innovazioni del prossimo futuro*, che raccoglie le previsioni tecnologiche elaborate da oltre 270 professionisti della ricerca e

innovazione, provenienti da imprese, enti di ricerca ed università della rete AIRI (Fig. 1).

Sono 132 gli scenari tecnologici individuati, su dieci settori applicativi: Ambiente e transizione circolare, Costruzioni, Chimica e materiali, Energia e decarbonizzazione, Farmaceutica, Meccatronica, Microelettronica e semiconduttori, Tecnologie digitali, Trasporti e mobilità, Spazio.

Scenari che sono stati selezionati in quanto strategici per l'economia nazionale, con ricadute nel medio-breve periodo sul sistema produttivo e sui servizi avanzati, come crescita occupazionale e

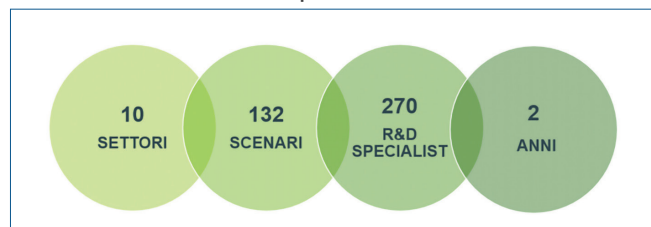


Fig. 1 - I numeri della XI edizione dello studio AIRI *Le Innovazioni del prossimo futuro*



Fig. 2 - I criteri di scelta dei 132 scenari tecnologici identificati dallo studio *Le innovazioni del prossimo futuro*



Fig. 3 - AIRI, *Le innovazioni del prossimo futuro*, XI Edizione 2025, Volume Chimica e Materiali (pp. 184, maggio 2025, ISBN 978-88-98935-73-4)

incremento delle esportazioni. In alcuni ambiti ad alta specializzazione, si prevede che tali ricadute si consolidino ulteriormente nel lungo periodo (Fig. 2). Ognuno degli scenari presenti nel volume è accompagnato da una panoramica sullo stato dell'arte, da un'analisi degli impatti socio-economici attesi e dalle opportunità di investimento.

Lo studio propone un'analisi di tipo verticale (per settore), integrata da una valutazione complessiva (orizzontale) di sinergie, convergenze e trasversalità delle tecnologie selezionate lungo tutti i settori produttivi. Emerge un insieme di fattori tecnici che stanno già orientando - e orienteranno sempre più - le scelte industriali e scientifiche o a cui viceversa gli scenari tecnologici settoriali analizzati rispondono. Tali aspetti sono di riferimento per la definizione di priorità e strategie di innovazione da parte della ricerca pubblica e privata, in primo luogo in un settore ad alta capacità di innovazione, quale la

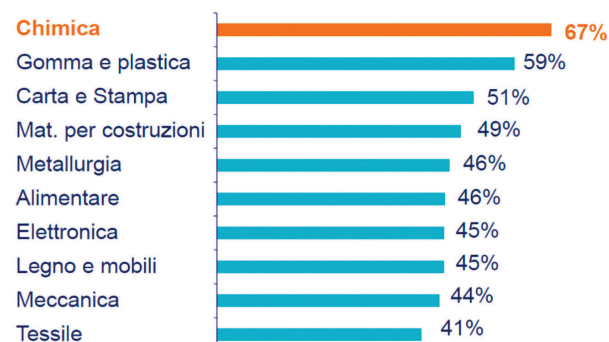
chimica e materiali (Fig. 3). E chimica e materiali, oltre ad essere uno dei settori analizzati, sono un ambito di innovazione abilitante e trasversale che si ritrova nella grande maggioranza degli altri settori e scenari settoriali.

La chimica in Italia oggi

L'industria chimica rappresenta un settore essenziale e strategico per lo sviluppo del Paese. Il 95% dei beni manufatti incorpora componenti chimici, che si tratti di beni di uso quotidiano o abilitanti per lo sviluppo industriale. A livello nazionale, il settore chimico rappresenta la quinta industria per fatturato; a livello europeo, l'industria chimica italiana è la terza per valore della produzione (oltre 67 miliardi di euro) e numero di addetti (oltre 113 mila). Con oltre 2.800 siti produttivi e quasi 113 mila addetti altamente qualificati, l'Italia è la terza industria chimica europea per produzione e occupazione. Il suo contributo alla creazione di valore per il Paese consente di generare sia direttamente che indirettamente, per via degli effetti moltiplicativi, un volume di affari pari a 3,32 volte l'investimento iniziale (dati Federchimica per il volume Chimica e Materiali).

La chimica è un fattore abilitante per la transizione ecologica (Fig. 4). Da un lato, il settore ha già raggiunto importanti traguardi nell'adozione di processi ecologici e nella riduzione degli impatti ambientali. Dall'altro permette la realizzazione di processi e prodotti più sostenibili. Si pensi a produzione e

Quota di imprese che investono in prodotti e tecnologie eco-sostenibili (% , anni 2019-2023)



Fonte: Fondazione Symbola – Rapporto Greenitaly 2024

Fig. 4 - Quota di imprese che investono in prodotti e tecnologie eco sostenibili. Fonte: Dati Fondazione Symbola in *L'industria chimica in cifre*, 2025)

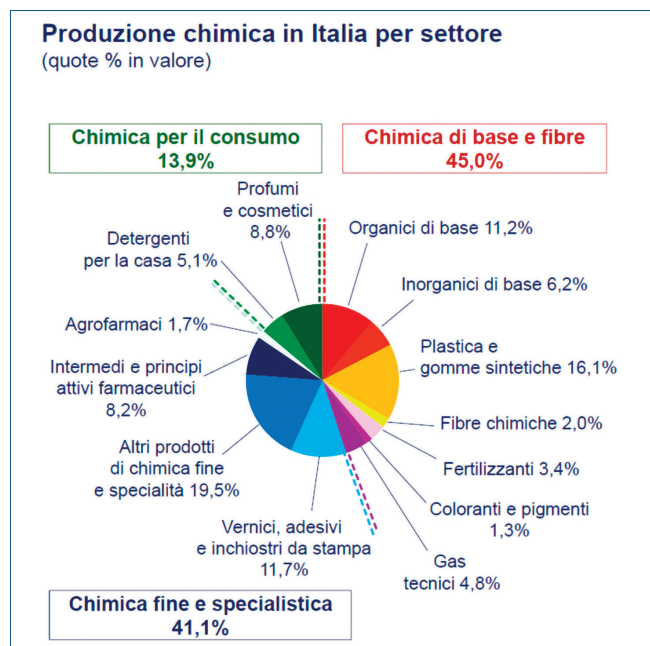


Fig. 5 - Produzione chimica italiana per settore (elaborazione Federchimica su dati Istat 2022, ultimo anno disponibile).
Fonte: L'Industria chimica in cifre, 2025)

stoccaggio di energia, con prodotti quali pale eoliche, pannelli solari e batterie, all'industria biotecnologica e all'utilizzo delle biomasse quali alternative ai prodotti di sintesi del petrolio, allo sviluppo di processi di riciclo e riutilizzo di materie prime e seconde, chiave di volta per l'eco progettazione e la realizzazione di una economia circolare.

Le sfide per l'innovazione nella chimica

La sfida della chimica oggi è di mantenere competitività, in un contesto geopolitico incerto e in continuo mutamento, che implica difficoltà nelle catene di fornitura e distribuzione, crescita dei costi di materie prime ed energia, e che vede una competizione internazionale che può beneficiare di un contesto socio-economico e normativo più vantaggioso. Il settore chimico è tra i più energivori, rappresentando il principale consumatore di gas naturale e il secondo, dopo le costruzioni, per il consumo di energia elettrica. La sfida consiste quindi nel ridurre gli impatti ambientali in modo da generare benefici per le filiere a valle e sostenerne la competitività.

Il settore chimico (Fig. 5) è da sempre caratterizzato da un ampio portafoglio di prodotti, dalle *commodities* (grandi volumi, margini bassi), ai prodotti per mercati di nicchia (volumi limitati, margini più alti).

La sfida consiste in una continua innovazione, che permetta da un lato di efficientare i processi (e quindi ridurre i costi), dall'altro sviluppare soluzioni nuove e migliorate ad alto valore aggiunto (accrescere la domanda). Efficienza, valore economico e sociale, sostenibilità sono elementi fondamentali per la crescita dell'industria chimica di oggi, strettamente collegati all'impegno e all'investimento in ricerca e innovazione. La competitività, tuttavia, dipende anche da fattori esterni quali il contesto normativo, le politiche industriali e le strategie europee. Le competenze rivestono un ruolo cruciale: secondo Federchimica, la quota di personale laureato nel settore è del 27%, quasi il doppio rispetto alla media industriale (15%). L'occupazione giovanile è cresciuta del 19% tra il 2015 e il 2022, ben al di sopra del +8% dell'industria manifatturiera. La sfida futura è reperire personale con competenze digitali e green.

Gli scenari tecnologici della chimica e materiali

Nella vastità delle applicazioni della chimica, sono state selezionate alcune aree tematiche dove l'innovazione rappresenta un aspetto imprescindibile e che risultano essenziali per affrontare le sfide del momento: migliorare l'uso delle risorse, garantire un maggior controllo delle catene del valore, creare valore aggiunto e, quindi, sostenere la competitività delle imprese. Esse riguardano l'efficientamento e sostenibilità di processi, materiali e prodotti, e la circolarità e riciclabilità e coinvolgono tutto il ciclo di vita del prodotto, dalla progettazione, allo sviluppo, ingegnerizzazione, uso e fine vita. Alla sezione dedicata a "Chimica e materiali" hanno contribuito realtà d'eccellenza come FAST e CNR-SCITEC, in collaborazione con Federchimica, Archa, Clariant Prodotti Italia, CNR-ISSMC, ENI Istituto Donegani, Innovhub-SSI, Mapei, Pirelli, Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Università di Pisa e Versalis.

Si nota che diversi degli scenari identificati negli altri nove settori analizzati integrano importanti sviluppi relativi a chimica e materiali, che per brevità non è stato possibile riportare nell'articolo (si rimanda alla pubblicazione degli altri nove volumi per dettagli).

Efficientamento e sostenibilità dei processi

Questa area tematica è centrale per l'industria chimica, sempre più orientata verso modelli di economia circolare e responsabilità ambientale. Si

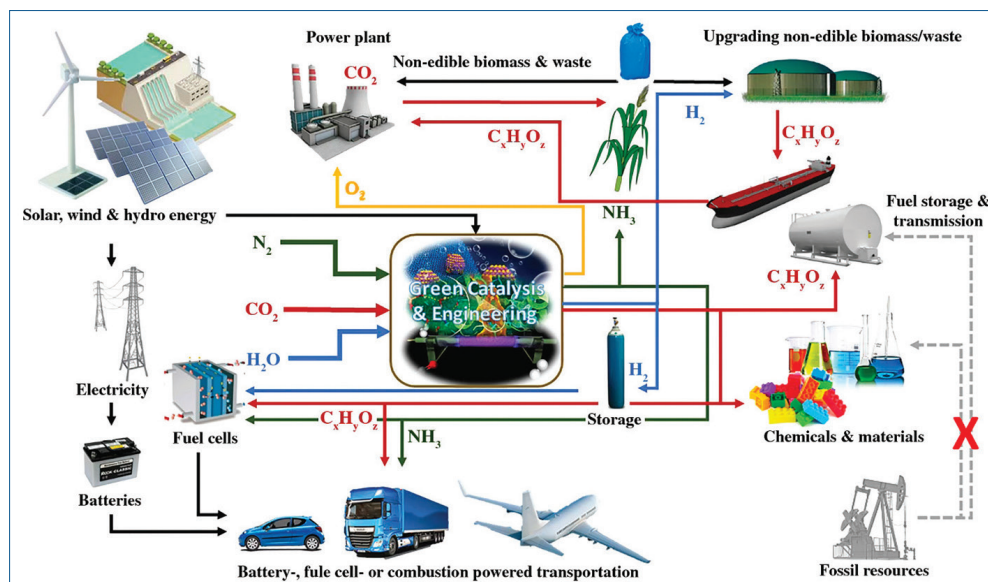


Fig. 6 - Scenario techno-economic avente come cuore pulsante i processi elettrochimici per la conversione di CO₂ e specie azotate a prodotti con alto valore aggiunto (fonte: K.M. Van Geiem, B.M. Weckhuysen, *MRS Bulletin*, 2021, 46, 1186, volume Chimica e Materiali)

focalizza sull'ottimizzazione delle modalità con cui vengono condotte le reazioni chimiche e i cicli produttivi, con l'obiettivo di incrementare le rese, ridurre i consumi e minimizzare l'impatto ambientale.

Innovazione nella produzione elettrochimica di composti da CO₂, azoto e acqua: tecnologia passata negli ultimi anni da una fase prettamente accademica a una fase di maturazione avanzata, con la nascita di spin-off e aziende innovative impegnate verso l'industrializzazione. A livello globale, il settore è fortemente trainato dalla crescente pressione per la decarbonizzazione dei processi industriali e dalla necessità di sviluppare soluzioni sostenibili nei settori della chimica e dell'energia (Fig. 6).

Innovazione di prodotto, l'acido fenolico e i suoi esteri: innovazione con un impatto industriale atteso importante sia per la natura bio-based dei composti, sia per l'ampio spettro di potenziali applicazioni. In particolare nei comparti dei polimeri bio-based, come policarbonati, poliesteri, resine epossidiche e benzoxaziniche, ma anche in ambiti quali la cosmetica, la concia delle pelli e la produzione di ritardanti di fiamma.

Abbattimento catalitico di N₂O: tra i principali processi industriali responsabili dell'emissione di pro-

tossido di azoto (N₂O) come sottoprodotto figurano la produzione di acido nitrico e acido adipico. Lo sviluppo di tecnologie per l'abbattimento catalitico del N₂O da questi impianti chimici può generare benefici ambientali significativi e migliorare la sostenibilità complessiva del settore. In questo ambito, l'Italia si distingue per lo sviluppo e l'implementazione di soluzioni tecnologiche avanzate (si veda ad esempio Fig. 7).

Tecnologie per la conversione diretta della CO₂

con idrogeno rinnovabile: nel settore chimico consentono la sintesi sostenibile di composti a basso impatto ambientale (*green chemicals*) e, in ambito energetico, la generazione di combustibili a emissioni nette zero di carbonio (*carbon-neutral fuels*), leva strategica per la transizione energetica e sempre più supportati dalle normative europee.

Efficientamento e sostenibilità di materiali e prodotti

In questo ambito si affrontano la progettazione, la produzione e l'utilizzo di materiali e beni finiti con un approccio che mira a ridurre l'impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita. Si pone attenzione anche al miglioramento delle prestazioni (durata, leggerezza, funzionalità) e alla possibilità di riciclo o riutilizzo.

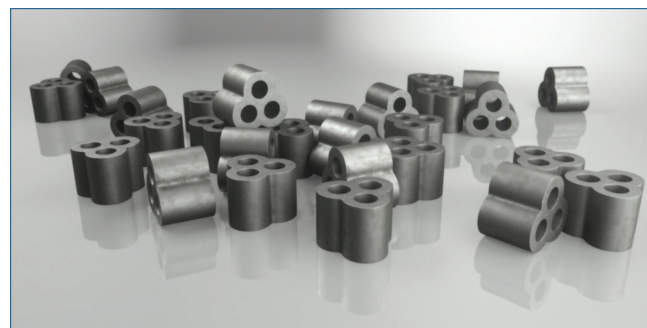


Fig. 7 - Catalizzatori per la decomposizione di N₂O (Envicat-N₂O-S®), volume Chimica e Materiali

Sensori intelligenti funzionalizzati chimicamente: in rapida evoluzione, grazie all'impiego di materiali innovativi e all'integrazione di tecnologie multidisciplinari come la microfluidica e la biosensoristica. Nonostante i rilevanti progressi compiuti, il settore deve ancora affrontare sfide importanti, tra cui il miglioramento della stabilità a lungo termine dei dispositivi, la riduzione dei costi di produzione, l'ottimizzazione dell'elaborazione dei dati e la semplificazione dell'interfaccia utente.

Innovazione nel settore batterie: una delle principali sfide è il potenziamento delle prestazioni, al fine di garantire una maggiore autonomia per veicoli elettrici e dispositivi portatili. Le attività di R&S si concentrano non solo sulla selezione di nuovi materiali, ma anche sull'innovazione dei processi produttivi, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica e la sostenibilità del ciclo di vita.

Resine termo-responsive: rappresentano una promettente alternativa alle tradizionali resine termoidurenti in molteplici ambiti applicativi. Questi materiali avanzati sono in grado di rispondere agli stimoli termici e soddisfano sia i requisiti prestazionali che quelli ambientali imposti dalla crescente domanda di soluzioni sostenibili, contribuendo in modo significativo allo sviluppo di un'economia circolare.

Additivi chimici innovativi per i materiali da costruzione: la chimica dei materiali gioca un ruolo strategico nella transizione dal calcestruzzo tradizionale a quello sostenibile (Fig. 8). I nuovi cementi a bassa impronta carbonica, caratterizzati da un ridotto contenuto di clinker e da un'elevata per-

centuale di materiali cementizi supplementari, richiedono lo sviluppo di additivi chimici innovativi in grado di garantire prestazioni comparabili a quelle del cemento Portland. I "Low Carbon Concrete Admixtures" sono progettati per soddisfare le esigenze di sostenibilità e di efficienza prestazionale del calcestruzzo di nuova generazione.

Circolarità e riciclabilità di processi e prodotti

Si tratta di un tema chiave nell'ambito della chimica industriale, che promuove la progettazione e la gestione di materiali e processi affinché le risorse non vengano disperse, ma possano essere continuamente riutilizzate, recuperate o riciclate.

Riciclo chimico delle plastiche: è essenziale implementare soluzioni tecnologiche in grado di garantire un riciclo pressoché totale della plastica a fine vita. I processi di riciclo chimico si basano su diverse tecnologie, la pirolisi - sia nella sua forma termica che catalitica - risulta attualmente la più diffusa. L'introduzione di questi nuovi processi potrà generare effetti positivi non solo in termini occupazionali e di avanzamento tecnologico, ma anche nel miglioramento delle attività di raccolta e selezione dei rifiuti plastici.

Gestione degli pneumatici a fine vita: la produzione di pneumatici richiede grandi quantità di risorse naturali il cui sfruttamento ha un impatto ambientale significativo. Le principali difficoltà tecnologiche legate al loro recupero riguardano l'efficiente separazione dei componenti (gomma, acciaio e fibre tessili) e il miglioramento della qualità dei materiali riciclati per renderli competitivi rispetto alle materie prime vergini. La R&S si concentra oggi su tecnologie avanzate di pirolisi, micronizzazione e devulcanizzazione, mirate alla produzione di materiali ad alte prestazioni.

Sostenibilità nella filiera degli pneumatici: oggi, ogni nuovo prodotto di alta gamma lanciato sul mercato europeo deve includere una percentuale crescente di materiali bio-based, in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione definiti nei piani industriali delle

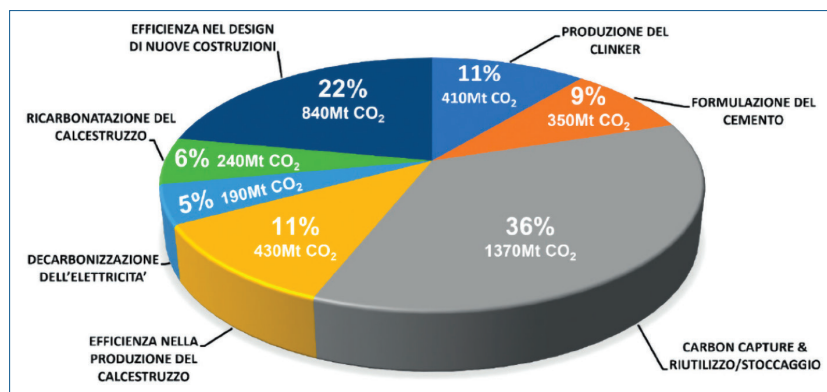


Fig. 8 - Azioni per la "carbon neutrality" dell'industria del cemento/calcestruzzo



Fig. 9 - Riutilizzo creativo del silverskin

aziende produttrici. I biopolimeri rappresentano una fonte estremamente interessante di materie prime ad alte prestazioni, anche se il loro impiego nella tecnologia dello pneumatico non è ancora pienamente maturo.

Innovazione nel packaging e coating: il mercato globale dei coating per imballaggi è in costante evoluzione, spinto dalla crescente richiesta di prestazioni elevate, quali: durabilità, resistenza meccanica, compatibilità con il contatto alimentare e sostenibilità del fine vita. Lo sviluppo di packaging compostabili, funzionalizzati con principi attivi derivati da biomasse di scarto, rappresenta una delle frontiere più promettenti, con ricadute positive sia dal punto di vista ambientale che tecnologico.

Valorizzazione degli scarti agroindustriali: l'agroindustria genera una vasta gamma di scarti: dai residui in campo e quelli di produzione, fino ai rifiuti della distribuzione e del consumo. L'identificazione di principi attivi e di altri componenti presenti nella biomassa residua permette la loro valorizzazione, aprendo la strada alla progettazione di percorsi di simbiosi industriale. Un esempio è rappresentato dal silverskin, sottoprodotto della tostatura del caffè: la raccolta, l'estrazione dei principi attivi e la loro valorizzazione tramite processi di funzionalizzazione costituiscono una innovazione tecnologica (Fig. 9).

Conclusioni

Il settore chimico costituisce uno dei pilastri dell'industria nazionale, svolgendo un ruolo strategico

nella transizione ecologica, nell'innovazione tecnologica e nella competitività delle filiere produttive. In un contesto globale segnato da rapide trasformazioni tecnologiche, ambientali e geopolitiche, è fondamentale adottare politiche industriali e strumenti di supporto capaci di sostenere e accelerare l'innovazione nel comparto.

La ricerca richiede sempre più modelli di innovazione aperta e una collaborazione strutturata tra pubblico e privato. L'*open innovation* implica per le imprese la gestione di processi complessi,

con ritorni incerti e diluiti nel tempo, che richiedono una solida pianificazione finanziaria e un costante monitoraggio dei risultati. Parallelamente, la ricerca pubblica deve adottare un approccio più proattivo verso il sistema produttivo, ad esempio rafforzando il proprio presidio non solo nella chimica di sintesi e nei polimeri, ma anche nel campo delle formulazioni.

Il volume *Le Innovazioni del Prossimo Futuro* si propone come uno strumento di orientamento per queste scelte strategiche. Le tecnologie individuate rappresentano ambiti già maturi e operativi, in grado di rafforzare la competitività della filiera e creare valore per i mercati nazionali e internazionali. Solo attraverso investimenti in innovazione, capitale umano e visione sistemica, il settore della chimica e dei materiali potrà continuare a rappresentare un motore di crescita e competitività per il Paese.

Innovations on the Horizon for Italian Industry: the Transformative Power of Chemistry and Materials

The AIRI report *Innovations of the Near Future* examines the theme of public-private collaboration across ten industrial sectors of strategic importance to Italy - including Chemistry and Materials - and serves as a guide for businesses, institutions and investors. Now in its eleventh edition, the study is the only one of its kind in Italy in the field of technology assessment and foresight. In this article, we analyze the outcomes of the study on the Chemistry and Materials sector.