



Lidia Armelao, Pierluigi Barbaro

<http://dx.medra.org/10.17374/CI.2024.106.1.24>

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali, Roma
e Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici, Sesto Fiorentino
pierluigi.barbaro@iccom.cnr.it

LO SPOKE 3 DEL PARTENARIATO ESTESO MICS

Il Partenariato Made-in-Italy Circolare e Sostenibile è uno dei progetti finanziati dal PNRR a supporto della ricerca scientifica italiana. Esso prevede otto aree tematiche complementari e trasversali ai principali settori manifatturieri nazionali. L'area 3 riguarda lo sviluppo di prodotti da materie prime non-critiche e di scarto, per favorire una transizione ad economia circolare all'insegna della sostenibilità ambientale ed economica.

Introduzione

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) è un pacchetto di investimenti e riforme lanciato nell'aprile 2021, in risposta alla crisi economica generata dalla pandemia Covid-19 [1, 2]. È interessante notare come la maggior parte delle Missioni in cui è articolato siano orientate alla realizzazione di una transizione ecologica del sistema Italia, coerentemente con obiettivi stabiliti dai Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite (SDG) [3], dall'European Green Deal [4], dal Piano d'azione per l'economia circolare della Comunità Europea [5] e dalla Strategia nazionale per l'economia circolare [6]. In particolare, la Componente 2 della Missione 4 intende favorire uno sviluppo fondato sulla ricerca di base, sostanziato da un aumento della spesa in R&S e in una collaborazione più efficace tra ricerca pubblica ed industria, che sia in linea con le tematiche previste dal Programma Nazionale per la Ricerca (PNR) [7] e dai cluster di Horizon Europe [8]. A tale fine, il PNRR ha messo a disposizione vari strumenti, fra cui:

- Progetti di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN);
- Partenariati Estesi (PE);
- Centri Nazionali;
- Ecosistemi dell'innovazione.

I PE sono reti diffuse aperte ad università, enti pubblici di ricerca ed altri soggetti pubblici e privati dedicati alla ricerca, organizzati in una struttura consorziale [9, 10]. Ogni PE deve coinvolgere almeno 250 ricercatori/ricercatrici permanenti e reclutare almeno 100 ricercatori/ricercatrici a tempo determinato. I PE

sono dotati di una *governance* di tipo *Hub & Spoke*, laddove gli Spoke rappresentano aree tematiche di ricerca specifiche in cui collaborano i partner del PE (Spoke Leader e affiliati).

Il Partenariato *Made-in-Italy Circolare e Sostenibile* (MICS)(PE00000004) è uno dei 14 PE finanziati dal PNRR [11]. Il tema affrontato da MICS riguarda la sostenibilità e la competitività delle eccellenze del Made-in-Italy, con riferimento alla scelta dei materiali e alla riprogettazione delle filiere, al fine di renderle più circolari ed efficienti, nel mantenimento dell'elevata qualità. MICS consta di otto Spoke trasversali ai principali settori del Made-in-Italy: Abbigliamento, Arredamento e Automazione.

Consiglio Nazionale delle Ricerche	 Consiglio Nazionale delle Ricerche
Sapienza Università di Roma	 SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA
Università degli studi di Bergamo	 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO
Alma Mater Studiorum Università di Bologna	
Università degli studi di Firenze	 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
Università degli studi di Napoli Federico II	 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
Università degli studi di Palermo	 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
Università degli studi di Padova	 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Fig. 1 - Istituzioni affiliate allo Spoke 3 di MICS



Fig. 2 - Esempi dei principali tipi di scarti e prodotti considerati dallo Spoke 3 di MICS

Lo Spoke 3: Prodotti e materiali “verdi” e sostenibili da fonti non critiche e secondarie

Lo Spoke 3 di MICS si intitola *Green and sustainable products & materials from non-critical & secondary raw sources*. L’Istituzione coordinatrice dello Spoke è il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Sono affiliate allo Spoke 3 le Università di Roma La Sapienza, Bergamo, Bologna, Firenze, Napoli Federico II, Palermo e Padova (Fig. 1). Nell’ambito dello Spoke 3 operano 44 ricercatori permanenti, di cui il 52% di genere femminile. Nel corso di MICS è previsto il reclutamento di 19 ricercatori a tempo determinato, le cui attività siano inquadrabili in quello dello Spoke 3.

Lo Spoke 3 si focalizza sullo sviluppo di prodotti e materiali che promuovano la sostenibilità e la circolarità del Made-in-Italy, tramite lo sfruttamento di materie prime alternative (rifiuti, residui industriali, minerali non critici, materie prime seconde) e sulla progettazione dei relativi processi chimici. Infatti, la transizione da economia lineare (fondata sul percorso estrazione-processamento-uso-smaltimento) a circolare (recupero-processamento-uso-recupero) non può prescindere dall’utilizzo degli scarti per la produzione di quei composti ed oggetti che utilizziamo nella vita di tutti i giorni (Fig. 2). In quest’ottica, i rifiuti rappresentano la materia prima del futuro [12]. Questa strategia richiede il superamento di metodologie di riciclo

convenzionali, basate sul semplice riutilizzo degli scarti mantenendone inalterata la composizione, in favore di tecniche di riciclo chimico avanzate basate sul *disassembling* molecolare, ad esempio depolimerizzazione in caso di materiali sintetici e decostruzione in caso di materiali naturali. Tuttavia, il riprocessamento degli scarti non è sufficiente per promuovere la circolarità. Ciò deve essere realizzato tramite tecnologie economicamente ed ambientalmente sostenibili. Questo compito è patrimonio della chimica, particolarmente nelle sue declinazioni Chimica Verde [13] e Chimica Circolare [14], a cui spetta il *design* e lo sviluppo di processi efficienti a basso consumo energetico, basati su fonti rinnovabili o di scarto, con minima emissione di inquinanti, impiegando reagenti atossici e procedure sicure. Questo è proprio ciò di cui si occupa lo Spoke 3.

Il ruolo centrale della chimica, come scienza abilitante verso una transizione ecologica, è stato evidenziato sin da 1977 da un noto saggio di Le May [15]. La chimica, infatti, è una scienza realmente multidisciplinare e trasversale a campi di ricerca diversi. Tuttavia, ciò che viene chiesto alla chimica, e che solo la chimica è in grado di fornire, è la creazione di nuove molecole, prodotti e materiali. L’innovazione chimica può guidare modelli di consumo e produzione sostenibili verso un’economia circolare, combattere il cambiamento climatico e

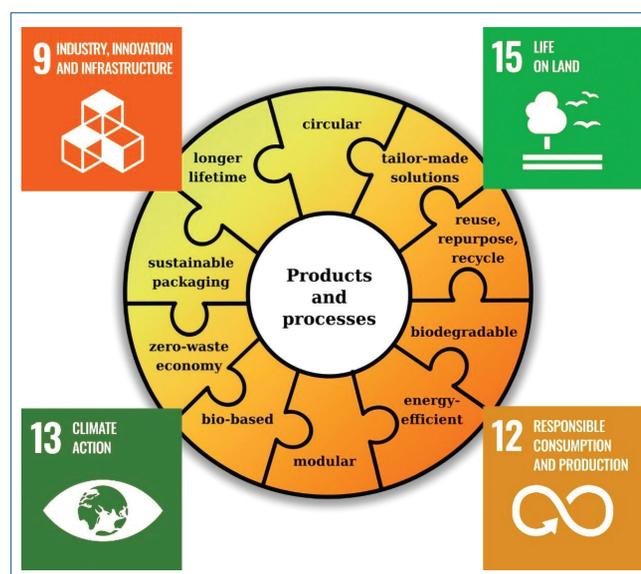


Fig. 3 - Prodotti e processi necessari per plasmare un futuro sostenibile e circolare. Modificato dal riferimento n. [17]

WP 2 - Sviluppo di materiali da rifiuti post-consumo

Questo WP riguarda processi di riciclo avanzato per ottenere prodotti da materie prime seconde, particolarmente da plastiche, metalli critici e nobili:

- Task 1 - Chiudere il cerchio: prodotti da riciclo chimico. Questo Task concerne lo sviluppo di metodologie di riciclo molecolare sostenibili, finalizzate all'ottenimento di prodotti ad alto valore aggiunto o riprocessabili, ed accompagnati da una analisi tecno-economica e da una valutazione di emissioni CO₂ equivalenti;
- Task 2 - Un tesoro dai rifiuti: depolimerizzazione selettiva di plastiche e tessuti sintetici. Questo Task è specificatamente dedicato alla conversione di termoplastiche, termoindurenti e tessuti sintetici, per i quali le attuali tecnologie non sono adeguatamente sviluppate;
- Task 3 - Miniere urbane: riciclo chimico di metalli critici per la moda e l'alta tecnologia. Il Task è focalizzato sul recupero di elementi preziosi, nobili, rari e metalli critici da dispositivi a fine vita: apparecchiature elettroniche, batterie, magneti, residui metallurgici e meccanici.

WP 3 - Sviluppo di materiali da fonti non critiche e residuali

Questo WP si rivolge alla produzione di materiali innovativi utilizzando fonti naturali rinnovabili e abbondanti, tramite processi avanzati:

- Task 1 - Materie prime del futuro: valorizzazione di materiali secondari. Il Task tratta l'*upcycling* di minerali non-critici o derivanti da scarti industriali, che rappresentano una parte considerevole dei rifiuti attualmente prodotti, ad esempio, ceramica e materiali da costruzione;
- Task 2 - Materiali a base vegetale: progettazione e sintesi da biomassa residuale non edibile. Sostituzione di prodotti ottenuti da fonti petrolchimiche convenzionali, con altri ottenuti da fonti rinnovabili. Questo Task si concentra sull'utilizzo di residui vegetali (e.g. lignocellulosa, oli e terpeni da residui agricoli, forestali, di bioraffineria) per ottenere prodotti ad alto valore aggiunto;
- Task 3 - Ottimizzazione della simbiosi industriale. Sviluppo di tecnologie abilitanti, ad esempio relative all'intensificazione di processo (flusso, *one-pot*, catalisi eterogenea), all'elettrocatalisi, alla fotocatalisi, coniugando l'utilizzo di *side-stream* provenienti da filiere produttive come materie prime seconde.

WP 4 - Materiali e processi verdi

Questo WP tratta la sintesi di materiali secondo le logiche della chimica verde, in particolare atossici, riciclabili e con performance uniche:

- Task 1 - Funzionalizzazione di prodotti di consumo in materiali efficienti ed ecologici. Il Task si occupa della funzionalizzazione di superfici di sottoprodotti industriali, finalizzata a generare, ad es. proprietà autopulenti, antimacchia, resistenza alla corrosione, repellenza ai fluidi, antibatteriche;
- Task 2 - *Safe and circular by design*: processi, prodotti e materiali secondo le metriche della Chimica Verde. Il Task riguarda lo sviluppo di processi di fabbricazione secondo i Principi della Chimica Circolare, del *Do Not Significant Harm* (DNSH), nonché di prodotti conformi ai regolamenti Reach;
- Task 3 - *Design* di filiere sostenibili per i settori del Made-in-Italy. Questo Task riguarda la dimostrazione di nuove filiere Made-in-Italy, laddove queste filiere non siano sostenibili o non esistano ancora, particolarmente nei settori di *leadership*: meccanica, arredamento, farmaceutica, nautica, calzature e filati.

Tab. 1 - Workpackages e Tasks dello Spoke 3 di MICS

contribuire alla realizzazione di pratiche sostenibili universali [16]. Le attività dello Spoke 3 rispondono a molteplici SDG, in particolare n. 9 (*Industry, innovation, infrastructure*), 12 (*Responsible consumption & production*), 13 (*Climate action*) e 15 (*Life on land*) (Fig. 3).

Gli obiettivi dello Spoke 3 includono:

- la manifattura di nuovi prodotti e materiali Made-in-Italy tramite progettazione razionale e predittiva, utilizzando fonti alternative a quelle convenzionali: rifiuti post-consumo, materie prime non critiche e residuali;
- favorire la transizione da un modello di economia Lineare ad uno Circolare, attraverso design e lavorazioni chimiche avanzate e sostenibili;
- implementare catene del valore innovative per i settori critici del Made-in-Italy;
- migliorare l'accettazione sociale e la consapevolezza dei modelli di Circolarità, tramite disseminazione e comunicazione.

Coerentemente con queste finalità, le attività di ricerca dello Spoke 3 sono strutturate in tre *work-packages* (WP), e nei relativi *tasks* (Tab. 1).

Conclusioni e prospettive

MICS è un progetto a supporto economico e strategico della ricerca di base in Italia, la cui finalità è lo sviluppo di un modello di Made-in-Italy caratterizzato da sostenibilità economica, ambientale e circolarità. Ciò sarà realizzato tramite il rafforzamento tra ricerca pubblica ed imprenditoria e la formazione di una nuova generazione di ricercatori con competenze specifiche. Lo Spoke 3 di MICS propone un programma di ricerca con obiettivi ambiziosi ed altamente innovativi, centrati sullo sviluppo di prodotti e materiali ottenuti dal riciclo di scarti post-consumo o residui industriali, e realizzati tramite processi sostenibili. Il raggiungimento degli obiettivi dello Spoke 3 si tradurrà in:

- creazione di nuove filiere industriali e riprogettazione di quelle esistenti;
- realizzazione di cicli produttivi virtuosi;
- maggiore indipendenza dalle materie prime non rinnovabili;
- riduzione del fabbisogno energetico nei processi di conversione;
- sviluppo di tecnologie a basse emissioni di CO₂,



residui e prodotti nocivi per l'industria di processo;
- sviluppo di materiali con prestazioni e profili tossicologici migliori rispetto a quelli convenzionali;
- riduzione di materiali riciclabili o biodegradabili;
- riduzione dell'accumulo di rifiuti nell'ambiente;
- riduzione dei costi di approvvigionamento e di lavorazione.

Si prevede che lo Spoke 3 generi un impatto significativo sui principali settori Made-in-Italy, particolarmente tessile (abiti, filati, biancheria), tappezzeria (divani, materassi), ingegneria (biomedicale, lubrificanti ed elettronica), chimico-farmaceutico (intermedi, coloranti, additivi), ceramica (costruzioni, piastrelle), salute (cosmetici), elettronica e gioielleria (metalli rari e nobili), materie plastiche (biodegradabili e bioplastiche). Ciò è tanto più rilevante in considerazione del fatto che le materie prime seconde trattate dalle Spoke 3 (plastiche, metalli, biomassa) costituiscono la maggior parte dei rifiuti urbani originanti dalla raccolta differenziata [18].

Ringraziamenti

Si ringraziano il Partenariato Esteso *Made in Italy Circolare e Sostenibile*, finanziato dall'Unione Europea tramite il programma Next-Generation EU, ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche per il supporto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.italiadomani.gov.it/content/sogei-ng/it/it/home.html>
- [2] Regolamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2021 che istituisce il Dispositivo per la Ripresa e la Resilienza, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 18.2.2021.
- [3] <https://sdgs.un.org/goals>
- [4] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [5] Circular Economy Action Plan, European Commission, Bruxelles, 2020.
- [6] Ministero della Transizione Ecologica, Strategia nazionale per l'economia circolare, settembre 2021.
- [7] Ministero dell'Università e della Ricerca, Programma nazionale per la ricerca 2021-2027, Delibera CIPE 15 dicembre 2020, n. 74.
- [8] <https://horizoneurope.apre.it/pre->

pubblicazione-dei-programmi-di-lavoro-2023-2024/

- [9] Ministero dell'Università e della Ricerca, Decreto Ministeriale n. 1141 del 07-10-2021, Linee Guida MUR per le iniziative di Sistema della Missione 4, Componente 2.
- [10] D.D. n. 341, 15 marzo 2022, "Avviso pubblico per la presentazione di Proposte di intervento per la creazione di "Partenariati estesi alle università, ai centri di ricerca, alle aziende per il finanziamento di progetti di ricerca di base" nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Missione 4 Istruzione e ricerca - Componente 2 Dalla ricerca all'impresa - Investimento 1.3, finanziato dall'Unione europea - Next Generation EU".
- [11] Ministero dell'Università e della Ricerca, Decreto n. 1551 del 11 ottobre 2022.
- [12] <https://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index.html>
- [13] R.A. Sheldon, *Chem. Soc. Rev.*, 2012, **41**, 1437.
- [14] T. Keijer, V. Bakker, J.C. Sloopweg, *Nat. Chem.*, 2019, **11**, 190.
- [15] T.L. Brown, H.E. Le May, *Chemistry: The Central Science*, Prentice Hall, 1977.
- [16] K. Kümmerer, J.H. Clark, V.G. Zuin, *Science*, 2020, **367**, 369.
- [17] E. Dobbelaar, J. Richter, *Pure Appl. Chem.*, 2022, **94**, 1.
- [18] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporto Rifiuti Urbani, Edizione 2022.

The Spoke 3 of the MICS Extended Partnership

The *Circular and Sustainable Made-in-Italy Partnership* is a PNRR project to support the scientific research in Italy. It includes eight complementary areas with high-impact on the three main national manufacturing sectors. Area 3 aims at developing new products from non-critical and secondary raw materials, targeting the transition toward a Circular Economy, addressing environmental and economic sustainability.