

# I progetti ENEA per l'economia circolare



# Sommario

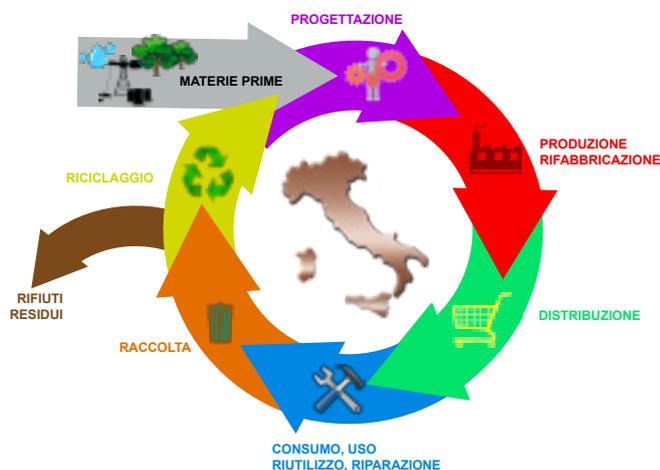
• I progetti e le iniziative ENEA per l'economia circolare	2
<b>MATERIE PRIME E PRODOTTI</b>	<b>3</b>
• Materiali eco-innovativi per l'industria dell'auto: il progetto REVALUE	4
• Compositi riciclabili per il settore automotive: il progetto C2CC	5
• MARLIC: Marche Applied Research Laboratory for Innovative Composites (Piattaforma di Ricerca Applicata delle Marche per Compositi Innovativi)	6
• Recupero di polvere di silicio da pannelli fotovoltaici a fine vita	7
• Il progetto RESIELP per il recupero dei materiali da pannelli fotovoltaici	8
• L'impianto pilota ROMEO per il recupero di metalli preziosi da RAEE	9
• Il Progetto Inno-WEEE sui rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche	10
• Progetto RIPLARAE-materia prima per la chimica di sintesi dalle plastiche RAEE	11
• Estrusione a filo di plastiche da RAEE per la stampa 3D	12
• Il recupero di materiali da telefoni a fine vita: il progetto PORTENT	13
• Produrre batterie nuove da quelle a fine vita: le opportunità per una filiera italiana	14
• Collaborazione con ENEL X sul riciclo delle batterie	15
• Il recupero di materiali da batterie agli ioni di litio a fine vita: il progetto ACROBAT	16
• La gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione: il progetto CONDEREFF	17
• Progetto SMARTBIN-Verso una filiera sostenibile per le mascherine a fine vita	18
<b>BIOTECNOLOGIE E AGROINDUSTRIA</b>	<b>21</b>
• Biocosi - tecnologie e processi innovativi per la produzione di bioplastiche per imballaggi	22
• Progetto VALUEMAG: produrre composti ad elevato valore da micro-alghe	23
• Processi innovativi e nuovi modelli di business per valorizzare sottoprodotti e scarti delle filiere olivicola e vitivinicola: il progetto CREIAMO	24
• Il progetto B-Blue e la sua community sulle biotecnologie marine	25
• Centro Nazionale per le Tecnologie dell'Agricoltura AGRITECH - PNRR Missione «Istruzione e Ricerca» Ministero dell'Università e della Ricerca	26
• PROVIDE: Protein and biomolecules sources for nutritional security and biodiversity in a circular food system	27
<b>TERRITORIO E CITTÀ</b>	<b>29</b>
• Il Progetto NETWAP per la gestione 'intelligente' dei rifiuti	30
• Progetto BIOCIRCULARCITIES "Modelli e soluzioni circolari per una gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti organici"	31
• Il progetto Value CE-IN	32
• Il progetto GST4Water per l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica negli edifici e in ambito urbano	33
• I progetti GoBiom e +GAS per il recupero di materia ed energia da scarti organici e inorganici	34
• Recupero e valorizzazione energetica negli impianti di depurazione municipali	35
• Joint Cooperation Agreement ENI-ENEA: Progetto trattamento fanghi biologici	36
• Il progetto DECORUM per il settore dell'edilizia	37
<b>STRUMENTI PER LA TRANSIZIONE CIRCOLARE</b>	<b>39</b>
• Il progetto CICERONE: l'Agenda strategica delle priorità di ricerca e innovazione per l'economia circolare	40
• Le competenze ENEA per il regolamento REACH sulle sostanze chimiche	41
• Misurare l'impronta ambientale di aziende e prodotti: il progetto EFFIGE	42
• Prodotti Made in Italy ad alto valore ambientale: il progetto LIFE MAGIS	43
• Promuovere la 'diagnosi delle risorse' nelle imprese, i progetti ENEA- Sviluppo Umbria	44
• Il progetto STORM per una rete di competenze sulla simbiosi industriale	45
• Percorsi di formazione professionale per istituzioni e imprese	46
• Progetto RECIProCo "Realizzazione di strumenti e iniziative sull'economia circolare a vantaggio dei consumatori"	48
• PEFMED: Metodi e strumenti per ridurre l'impronta ambientale e socio-economica delle filiere agroalimentari	49

# I progetti e le iniziative ENEA per l'economia circolare

**N**ell'ambito della sua mission di Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, l'ENEA è focalizzata in modo preminente sulla ricerca 'applicata', ovvero sul rendere disponibili tecnologie innovative e servizi avanzati nei diversi settori di competenza, al mondo delle imprese, alle pubbliche amministrazioni e agli stessi cittadini. Da questo punto di vista, l'economia circolare è una delle priorità strategiche e si concretizza attraverso numerosi progetti operativi con l'obiettivo di andare 'oltre gli slogan' e tradurre in realtà il principio fondante della chiusura dei cicli, quale volano di crescita e competitività e, allo stesso tempo, strumento essenziale per un modello di società incentrato sulla sostenibilità.

In questo opuscolo sono illustrati alcuni dei progetti, delle iniziative e delle attività, ma anche gli strumenti, le metodologie, gli approcci e i modelli che ENEA sta mettendo in campo per supportare la trasformazione verso l'economia circolare, con un focus anche sulla formazione ed informazione, aspetti di grande rilievo per operare il cambiamento culturale e di comportamenti necessario. In questi progetti il Dipartimento "Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali" (SSPT) ha un ruolo di primo piano, come coordinatore o referente di attività in collaborazione con altri Dipartimenti dell'Agenzia, partner nazionali ed internazionali, imprese e istituzioni centrali locali, ed altri soggetti a livello territoriale e urbano. Queste attività impegnano oltre cento ricercatori e tecnologi del Dipartimento SSPT e una rete di infrastrutture, hall tecnologiche, impianti pilota e laboratori analitici avanzati specializzati nell'eco-innovazione di processo, di prodotto e di sistema. I progetti consentono di applicare l'economia circolare in diversi ambiti applicativi quali:

- Aree urbane: ENEA progetta e sviluppa modelli e sistemi di gestione integrata e circolare di funzionamento urbano per città più sostenibili, circolari e inclusive, per promuovere stili di vita e consumo sostenibili, per effettuare una corretta gestione dell'acqua e dei rifiuti urbani anche in chiave di valorizzazione, salvaguardare salute e sicurezza, stimolare le industrie culturali, turismo e best practices in contesti urbani e periurbani;
- Territorio e mare: ENEA pianifica e sviluppa processi e metodologie per la gestione sostenibile di territorio e mare in ottica di economia circolare attraverso la Gestione porti e aree costiere, il Turismo sostenibile, lo sviluppo della filiera ittica;
- Sistema industriale: ENEA sviluppa e implementa tecnologie e metodologie per modelli di produzione e consumo più sostenibili e rigenerativi a supporto dell'industria con tecnologie innovative e nuovi modelli di business (simbiosi industriale, Modelli di circular design, Sharing economy, etc), strumenti per le imprese, riqualificazione di siti industriali in ottica circolare;
- Catena del valore: ENEA sviluppa approcci di sistema per promuovere e facilitare la chiusura dei cicli nelle filiere produttive e lungo il ciclo di vita di prodotti e materiali attraverso attività per promuovere la collaborazione tra diversi attori e settori, approccio integrato e multidisciplinare (life cycle thinking e misura della circolarità), nuovi modelli di business e analisi di mercato.





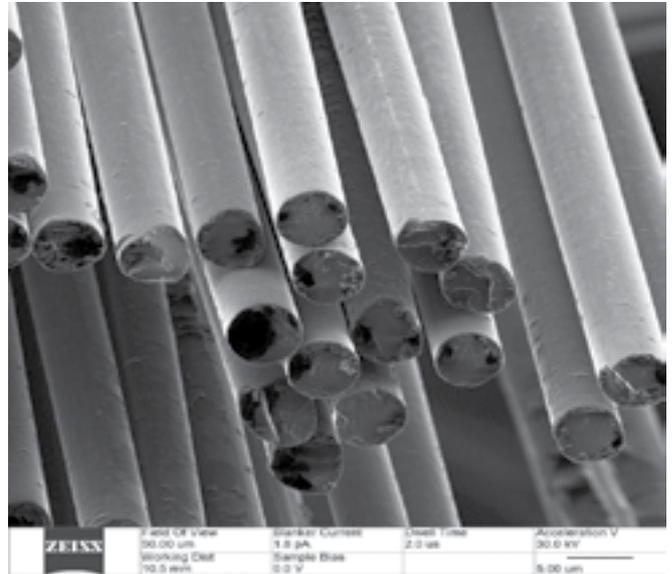
## Materie prime e prodotti

---

# Materiali eco-innovativi per l'industria dell'auto: il progetto REVALUE

**R**iuscire a progettare e realizzare componentistica più leggera è una delle strategie prioritarie delle case automobilistiche per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> e rispettare le normative europee. Una delle possibili soluzioni per affrontare la sfida della riduzione del peso è la sostituzione dei metalli tradizionali (ad es. acciaio e alluminio) con plastica rinforzata con fibra di carbonio che, in determinate condizioni e a parità di funzionalità, permette un alleggerimento del componente fino al 60%. Ad oggi, tuttavia, l'elevato costo di questa fibra ne rende proibitivo l'impiego su larga scala, limitandone l'utilizzo alle auto sportive e di lusso. Il progetto europeo REcycled carbon fibres for high VALUE composites – REVALUE, finanziato da EIT RawMaterials per 1.342.875 euro, vuole promuovere un downcycling massivo delle fibre di carbonio e renderne possibile l'impiego anche nel segmento automobilistico delle mass-market cars, il più impattante per l'ambiente data la sua consistenza numerica. REVALUE fa leva sulla consolidata esperienza ENEA nel settore delle fibre di carbonio da recupero e, in particolare, su un processo chimico-fisico innovativo che consente di ripristinare la superficie di queste fibre e di conferire loro caratteristiche paragonabili a quelle di vergini. Ad oggi, infatti, sul mercato sono disponibili rilevanti quantitativi di fibre di carbonio recuperate mediante processi termici tradizionali, da scarti e/o componenti giunti a fine vita, provenienti prevalentemente da settori dove questo materiale è ampiamente utilizzato (vedi settore aeronautico); queste fibre hanno a costi relativamente contenuti, ma proprietà intrinseche così scarse da limitarne l'uso ad applicazioni di basso profilo.

Con il processo ideato nell'ambito di REVALUE, è invece possibile dare un ad alto valore aggiunto a queste fibre per l'utilizzo nell'industria automotive di massa. Nell'ambito di REVALUE si stanno inoltre sviluppando materiali innovativi a base di compositi polimerici rinforzati con le fibre di carbonio rigenerate, direttamente utilizzabili nelle stesse linee di stampaggio a iniezione con le quali vengono prodotti i componenti automobilistici semi-strutturali. Al fine di sviluppare soluzioni con altissima sostenibilità ambientale, i polimeri impiegati nei materiali compositi nel progetto sono polipropilene e nylon 6, anch'essi derivati da processi di riciclo.



Micrografia della sezione trasversale di fibre di carbonio "rigenerate"

#### Partner industriali e di ricerca

- CETMA - Centro di progettazione, design & tecnologie dei materiali (IT)
- CEA - French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (FR)
- SUEZ - Suez environnement SAS (FR)
- UNISALENTO - University of Salento (IT)
- CRF Centro Ricerche FIAT (IT)

#### Laboratori e Centri ENEA

Laboratorio materiali funzionali e tecnologie per applicazioni sostenibili  
Centro di Ricerche ENEA di Brindisi

#### Referente tecnico

Flavio Caretto  
flavio.caretto@enea.it

# Compositi riciclabili per il settore automotive: il progetto C2CC

**L**e attuali normative sul contenimento progressivo delle emissioni di CO<sub>2</sub> hanno spinto le case automobilistiche a cercare di alleggerire le parti strutturali, mediante la sostituzione dei metalli con materiali fibro-rinforzati a matrice polimerica. Al momento questi compositi vengono usati solo per le auto di lusso, con un impatto ambientale non ottimale per il problema del fine vita e degli sfridi (generalmente stimati in circa il 30% in peso).

Il progetto Cradle-to-Cradle Composites (C2CC, EIT Raw Materials, KAVA 5 – progetto n° 18052, 2019-2022) mira a superare queste limitazioni impiegando una fibra diversa dal carbonio normalmente utilizzato, per sviluppare un materiale composito riciclabile, quindi in linea con la vigente normativa sul fine vita ed utilizzabile anche per i veicoli di fascia media. Nello specifico, il progetto prevede l'utilizzo di fibra minerale (derivata dal basalto) riciclabile a fibra lunga senza degrado prestazionale, cosa non possibile per la fibra di carbonio.

Questa fibra è caratterizzata da:

1. bassa "Embodied Energy" e carbon footprint, in quanto processata mediante riscaldamento ad induzione;
2. basso costo, perché prodotta a partire da minerali abbondanti e di facile reperibilità.

Sarà associata a una resina termoindurente "cleavable", che a fine vita può essere recuperata nella forma di un polimero termoplastico, a seguito di un trattamento di clivaggio chimico. Detto polimero termoplastico verrà ottimizzato (all'interno del progetto) per la produzione, via iniezione, degli interni auto, mentre le fibre (rifuse e ritessute) potranno venire di nuovo impiegate per i componenti originari, secondo la *logica cradle-to-cradle*.

Il progetto C2CC vuole fornire ai produttori tecnologie per materiali a costo contenuto, realizzati con processi a basso impatto ambientale e facilmente scalabili alla produzione di massa; inoltre punta a facilitarne una rapida industrializzazione e a dimostrarne i benefici ambientali e sociali conseguenti i processi poco energivori e l'utilizzo di materie prime (la fibra e la resina) già ottimizzate in termini di C-footprint ed embodied energy. Inoltre il possibile riutilizzo per produrre nuovamente i componenti originari (riciclo Cradle-to-Cradle) rappresenta una fondamentale differenza rispetto al semplice riuso dei materiali, in quanto pone le premesse per la massima sostenibilità del sistema manifatturiero.

Oltre al Centro Ricerche Fiat è coinvolta anche GS4C, una PMI specializzata nel tema della *open innovation* nel campo della sostenibilità applicata al manifatturiero e un fornitore FCA di componenti in composito. Le qualificazioni verranno effettuate secondo gli standard internazionali e secondo le procedure indicate da FCA.



*Cofano da produrre in composito totalmente in riciclabile, secondo la nuova tecnologia*

<b>Partner industriali e di ricerca</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ferrer Dalmau/R*Concept, PMI spagnola che sviluppa e distribuisce resine per compositi a ridotto impatto ambientale</li><li>• GS4C, PMI innovativa italiana, specializzata sul tema della riciclabilità dei compositi e sulla open innovation</li><li>• GAIKER, consorzio spagnolo pubblico-privato specializzato nello sviluppo e qualificazione dei materiali compositi per il settore trasporti</li><li>• CRF, Centro Ricerche Fiat (gruppo FCA) in rappresentanza dei produttori automotive</li><li>• AM Composites, in rappresentanza dei produttori di componenti in composito polimerico</li></ul>
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Laboratorio tecnologie di materiali Faenza
<b>Referente tecnico</b>	Claudio Mingazzini claudio.mingazzini@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	1.137.000 €
<b>TRL</b>	7 (sviluppo e qualificazione di componenti in facilities di taglia industriale, per modello auto in produzione)

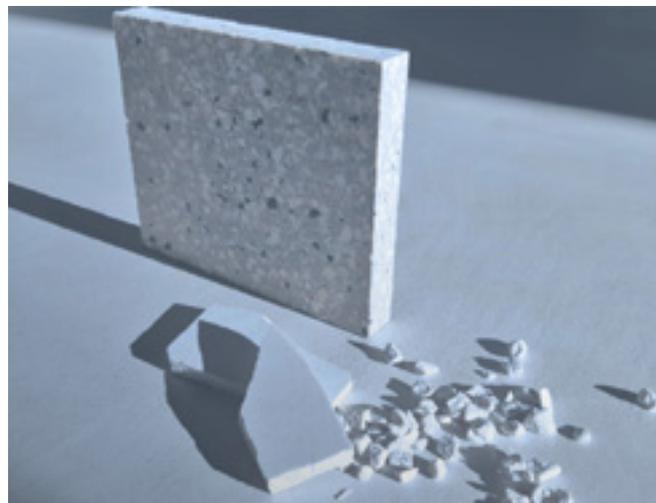
# MARLIC: Marche Applied Research Laboratory for Innovative Composites (Piattaforma di Ricerca Applicata delle Marche per Compositi Innovativi)

La MARLIC è una Piattaforma regionale per l'Innovazione dei Materiali avanzati e dei Biomateriali che ha come obiettivo la realizzazione di un centro di ricerca collaborativo, nel quale sono messe a sistema tutte le competenze sui materiali avanzati e sui biomateriali. La Regione Marche ha voluto creare la MARLIC come strumento per la rivitalizzazione del tessuto produttivo delle aree colpite dal sisma.

Nel progetto, l'approccio di ricerca collaborativa vuole creare la sinergia tra mondo dell'impresa e mondo della ricerca sul tema "Manifattura Sostenibile", nel quale l'Ecosostenibilità di prodotti e processi per nuovi materiali e l'approccio di riduzione, riutilizzo, riciclo e recupero delle risorse, rappresentano gli indirizzi principali delle attività.

Scopo di MARLIC è la progettazione di manufatti nel quale si preveda il fine vita dei prodotti, partendo da materie prime e seconde. Particolare attenzione verrà data ai materiali bio-based, come gli scarti alimentari e fonti di seconda generazione che non possono essere impiegati in applicazioni alimentari, con il fine di iniziare ad indirizzarli su processi e prodotti funzionali sia alle performance che alla economicità dei nuovi prodotti.

I Ricercatori ENEA sono coinvolti nelle attività relative all'Applicazione delle KETs e delle Mild Technologies al fine di estrarre e purificare i potenziali componenti di interesse, partendo da matrici di origine biologica (biomasse agroindustriali primarie o residuali), nella prototipizzazione in scala di laboratorio di manufatti ottenuti attraverso l'utilizzo dei Bio Compositi/Materiali Compositi innovativi prodotti e nella messa a punto di sistemi di valorizzazione delle risorse e degli scarti produttivi, attraverso processi di simbiosi industriale e supporto alla progettazione di nuovi materiali e prodotti in ottica di simbiosi industriale.



## Partner industriali e di ricerca

HP Composites SpA, Albertani Corporates Spa, Carnj Societa' Cooperativa Agricola, Delta Srl, Elantas Europe Srl, Nano-Tech SpA, Rock And River Srl, Save As Srl, Simonelli Group SPA, Sios Srl, Società Industria Marmi e Graniti - SIMEG Srl, 3P - Engineering Srl, Ubaldi Costruzioni SpA, Eta Srl, Fratelli Guzzini SpA., Linset & Co. Srl, Maila'S Innovation Technology Consulting Srl, Prefiniti Simon Srl, Scatolificio T.S. Srl, Teknochim Srl.

## Laboratori e Centri ENEA

Divisione Biotecnologie ed Agroindustria, Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali - Centri di Ricerca Camerino, Cascaccia, Brindisi e Trisaia

## Referente tecnico

Marco Antonini  
[marco.antonini@enea.it](mailto:marco.antonini@enea.it)

## Finanziamento

7.6 Meuro

# Recupero di polvere di silicio da pannelli fotovoltaici a fine vita

**A** causa del crescente fabbisogno energetico mondiale, la potenza fotovoltaica installata è in continua crescita e aumenterà in modo significativo nei prossimi anni. Ipotizzando una vita media dei pannelli pari a 25 anni, si stima che tra il 2025 e il 2030 verranno generate quantità significative di rifiuti da pannelli fotovoltaici (PV) giunti a fine vita e che nel 2050 si arriverà a 9,57 milioni di tonnellate. Poiché a partire dal 1980 i pannelli PV al silicio hanno dominato il mercato, il riciclo di questa tipologia di pannelli per il recupero di materiali come Si, Ag, Cu, Al, utilizzando processi ecosostenibili, è diventato di rilevante importanza per l'industria dell'energia solare. Oggi, uno dei processi di pretrattamento più comunemente adottati per il riciclo dei pannelli PV, consiste nella macinazione dei pannelli una volta che il telaio in alluminio, i cavi e la scatola di giunzione sono stati rimossi. In questo modo, vengono ottenute tre diverse frazioni di materiali: frammenti vetrosi, agglomerati di EVA e una terza frazione, non vetrosa, formata da schegge contenenti il materiale otticamente attivo (silicio) incorporato in strati polimerici.

Un tema di ricerca di particolare interesse, ai fini del recupero dei materiali riciclabili presenti nella cella fotovoltaica, ha come obiettivo quello di recuperare il silicio allontanando il materiale polimerico ad esso adeso mediante processi chimici, meccanici, termici o combinati.

La linea di ricerca avviata in collaborazione con ECODOM, consorzio italiano leader nel recupero e riciclo dei RAEE, mira ad associare alle diverse tipologie di pannello i parametri di processo utili ad allontanare la parte polimerica ottenendo così polvere ad elevata percentuale di silicio. La polvere, caratterizzata con differenti tecniche diagnostiche di cui il Laboratorio Materiali Funzionali e Tecnologie per Applicazioni Sostenibili dispone (spettroscopia ottica vibrazionale, analisi termiche, microscopia elettronica a scansione con microanalisi, spettroscopia di fotoemissione), viene macinata per ottenere granulometrie adatte alle particolari applicazioni industriali a cui essa è destinata. Una delle applicazioni riguarda la realizzazione di elettrodi (anodi) ad elevata capacità per batterie litio-ione dotate di maggiori densità di energia rispetto a quelle commerciali. La polvere di silicio, dopo macinazione e analisi chimico-fisiche, è mescolata insieme a carbone e un polimero (in polvere), aventi lo scopo di garantire, rispettivamente, conduzione elettronica e stabilità meccanica all'elettrodo. Tale miscela è dispersa in opportuno solvente e depositata su un foglio di rame (avente la funzione di portacorrente). Dopo rimozione del solvente ed essiccazione, l'elettrodo (in forma di nastro) è caratterizzato da un punto di vista elettrochimico

mediante voltammetria, impedenza e cicli di carica/scarica in celle elettrochimiche al fine di validarne le prestazioni. Nel settore dell'automotive, il Si secondario può essere utilizzato per la produzione di materiali compositi Si-SiC mediante infiltrazione di componenti porosi di carburo di silicio (SiC).

A tal fine, i frammenti dei pannelli contenenti il Si, vengono innanzitutto sottoposti ad un processo finalizzato alla rimozione della frazione polimerica, e il residuo viene quindi utilizzato per l'infiltrazione. Le prove effettuate presso il laboratorio di Faenza della Divisione PROMAS hanno permesso di ottenere in questo modo materiali Si-SiC con promettenti proprietà microstrutturali e meccaniche.



Frammenti triturati di pannello fotovoltaico

**Partner industriali e di ricerca**

ECODOM

**Laboratori e Centri ENEA**

Laboratorio materiali funzionali e tecnologie per applicazioni sostenibili - Centro di Ricerche ENEA di Brindisi  
Laboratorio Tecnologie di Materiali Faenza – Divisione Tecnologie e Processi dei Materiali per la Sostenibilità – Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali - Centro Ricerche Faenza  
Laboratorio Materiali e Processi Chimico-Fisici – Divisione Tecnologie e Processi dei Materiali per la Sostenibilità – Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali - Centro Ricerche Casaccia

**Referente tecnico**

Maria Lucia Protopapa  
lucia.protopapa@enea.it

# Il progetto RESIELP per il recupero dei materiali da pannelli fotovoltaici

Il progetto RESIELP (Recovery of Silicon and other materials from End-of-Life Photovoltaic Panels) nasce con l'obiettivo di recuperare materiali preziosi dai pannelli fotovoltaici a fine vita.

Il progetto, della durata di 36 mesi, ha previsto la realizzazione, nello stabilimento milanese della Relight, di un impianto prototipale zero waste per il recupero di materiali dai pannelli fotovoltaici a fine vita (silicio, argento, rame, oltre al vetro ed all'alluminio), in linea con la direttiva europea sui Rifiuti RAEE 2012/19/EU, recepita in Italia dal D.Lgs. 49/2014 che impone il recupero dell'85% in peso del pannello (che corrisponde al peso del vetro e dell'alluminio nei pannelli in silicio cristallino). RESIELP ha avuto come obiettivo anche il recupero e riciclo dei materiali contenuti nel restante 15% in peso, ovvero la parte costituita dalle celle contenente i materiali più preziosi come il silicio, l'argento e il rame. Si tratta di obiettivi strategici nella prospettiva dell'approvvigionamento di risorse e materie prime ad elevato valore aggiunto, come quelle contenute negli elementi dei moduli fotovoltaici o in altri rifiuti elettronici, che rappresentano una nuova sfida ambientale, ma offrono anche rilevanti opportunità di business.

Diversi laboratori di ENEA sono coinvolti nel progetto, per un approccio trasversale ed integrato finalizzato a:

- i. valutare gli aspetti ambientali ed economici dei processi di recupero secondo un approccio di Life Cycle Thinking;
- ii. supportare la progettazione sia dell'impianto per il trattamento termico dei pannelli sia dei sistemi di trattamento dei reflui liquidi e gassosi.



## Partner industriali e di ricerca

CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), Università di Padova, le aziende ITO e Relight e del CETMA (Centro di Ricerche Europeo di Tecnologie, Design e Materiali), società di consulenza austriaca Proko, la ungherese Bay Zoltan (società non-profit per la ricerca) e il centro francese INES (Institut National de l'Énergie Solaire)

## Laboratori e Centri ENEA

Laboratori Tecnologie per il Riutilizzo, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali;  
Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui; Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali; BIOGEOC Centro Ricerche Casaccia (Roma)

## Referente tecnico

Marco Tammaro  
[marco.tammaro@enea.it](mailto:marco.tammaro@enea.it)

## Finanziamento Progetto

2.495.689 €

# L'impianto pilota ROMEO per il recupero di metalli preziosi da RAEE

La crescita esponenziale nell'utilizzo di apparecchiature elettriche ed elettroniche (AEE) ed in generale di componentistica ad elevata tecnologia pone in maniera stringente una riflessione sull'intero ciclo di vita di tale categoria di oggetti. La gestione corretta delle AEE a fine vita rappresenta una seria sfida per salute e ambiente, ma offre anche importanti possibilità di creare eco-imprese e lavoro verde: da qui l'importanza di implementare sistemi di trattamento tramite tecnologie sostenibili.

In Italia, a differenza di quanto accade generalmente nei Paesi industrializzati, la tendenza dell'industria del riciclo è di non andare oltre le prime fasi del processo di trattamento e recupero, cioè quelle decisamente più semplici ma anche meno remunerative, lasciando ad operatori solitamente oltre i confini nazionali il recupero della parte "nobile" del rifiuto, che negli AEE (RAEE) è costituita dalle schede elettroniche, ricche di metalli di valore quali oro, argento, palladio e rame che vengono inviate all'estero (soprattutto Nord Europa) in impianti di recupero specializzati.

L'ENEA ha sviluppato una tecnologia dedicata al recupero di materiali da schede elettroniche per via idrometallurgica che fa riferimento a due brevetti relativi ad un processo chimico e ad un macchinario che permette di ottimizzare le operazioni (Processo idrometallurgico per il recupero di materiali dalle schede elettroniche, attestato di brevetto per invenzione industriale n. 0001422872; PCT/IB2014/065131; Gruppo per la realizzazione di un recupero idrometallurgico dei materiali dalle schede elettroniche, attestato di brevetto per invenzione industriale N. 0001428567; PCT/IB2016/050763).

Un prototipo di questo macchinario è stato inserito all'interno dell'impianto pilota denominato ROMEO (Recovery Of Metal by hydrOmetallurgy) per verificare i parametri di processo nell'ottica del trasferimento della tecnologia all'industria. Questa permette di ottenere dalle schede elettroniche oro in forma metallica con elevato grado di purezza, argento, rame, stagno e piombo. Il processo avviene a temperatura ambiente, contenendo notevolmente i costi energetici; le emissioni gassose opportunamente trattate sono trasformate in reagenti reimpiegati nel processo stesso minimizzando l'impatto ambientale e la quantità di reflui prodotti. Dal trattamento di una tonnellata di schede elettroniche è possibile recuperare materiali per un valore complessivo di oltre 10.000 euro. Referente tecnico del Progetto è: Danilo Fontana, con il contributo del gruppo di lavoro formato da Massimiliana Pietrantonio, Stefano Pucciarmati e Federica Forte.



Una panoramica dell'impianto ROMEO



---

#### Laboratori e Centri ENEA

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali Centro Ricerche Casaccia (Roma)

---

#### Referente tecnico

Danilo Fontana  
danilo.fontana@enea.it

---

# Il Progetto Inno-WEEE sui rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche

Il progetto InnoWEEE (Innovative WEEE traceability and collection system and geo-interoperability of WEEE data) ha avuto due principali obiettivi: (i) incrementare la raccolta dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), mediante sistemi innovativi, e (ii) sviluppare nuovi metodi per il riutilizzo degli AEE (Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche), al fine di prolungare il loro ciclo di vita.

In Italia e in Europa, infatti, l'efficienza della filiera dei RAEE è una sfida complessa: le statistiche evidenziano bassi dati di raccolta, la tendenza a tenere in casa i RAEE o a smaltirli in modo improprio, con ripercussioni negative su tutta la filiera. Il progetto ha previsto 3 diverse azioni pilota a scala reale, a Cava de' Tirreni (SA), a Trento e a Bath (Regno Unito).

Nello specifico, come responsabile del pilota di Cava de' Tirreni, ENEA ha sviluppato e messo a disposizione della cittadinanza un sistema di contenitori innovativi (smart bins) ed una piattaforma dati per la tracciabilità dei rifiuti, assicurando così il necessario supporto tecnico-scientifico al Comune sui temi dell'impatto ambientale della filiera dei RAEE e sullo sviluppo ed il trasferimento di metodologie e strumenti innovativi per l'adozione delle migliori pratiche disponibili. ENEA ha realizzato, inoltre, attività di formazione ed informazione real time all'utenza, contribuendo in tal modo alle programmazioni strategiche del settore. Parallelamente, con il supporto di organizzazioni ambientaliste locali, è stata sviluppata una filiera per il riutilizzo delle AEE ancora funzionanti. Infine, sia per la raccolta e la tracciabilità dei RAEE sia per l'allungamento di vita delle AEE, sono stati sperimentati sul campo sistemi di coinvolgimento dell'utenza quali la "gamification" (ossia l'utilizzo di elementi mutuati dai giochi) e la premialità.



Climate-KIC is supported by the  
EU, a body of the European Union



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Dedagroup (IT) (Coordinator), ENEA (IT), Ecodom (IT), Comune Cava de' Tirreni (IT), Metellia Servizi Srl (IT), Comune di Trento (IT), Comune di Bath (UK), Fondazione Bruno Kessler (IT), Better Points (UK)
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali, Laboratorio Nanomateriali e dispositivi Centro Ricerche di Portici
<b>Referente tecnico</b>	Marco Tammaro <a href="mailto:marco.tammaro@enea.it">marco.tammaro@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	2.051.962 €

# Progetto RIPLARAE- materia prima per la chimica di sintesi dalle plastiche RAEE

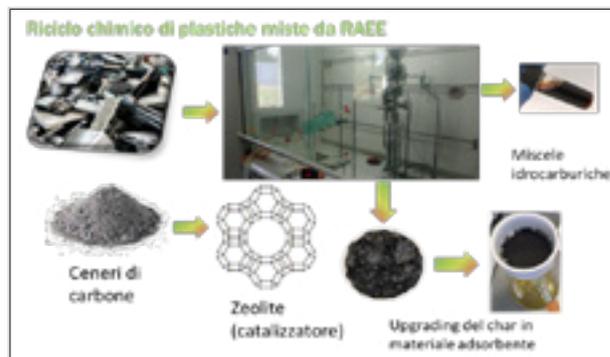
**G**li scarti di plastiche miste da rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) presentano una difficile gestione a fine vita per l'estrema eterogeneità delle miscele polimeriche, la presenza di additivi pericolosi e di frazioni estranee che ne ostacolano il tradizionale riciclo meccanico.

Il progetto RIPLARAE è stato sostenuto con un fondo di finanziamento - Proof of Concept (PoC) – costituito da ENEA e finalizzato alla realizzazione di progetti di sviluppo in grado di dimostrare la fattibilità di tecnologie messe a punto nei propri laboratori, allo scopo di favorirne il trasferimento tecnologico verso l'industria. Si è sviluppato un processo per la produzione di una miscela idrocarburica liquida e un residuo carbonioso (char) da plastiche RAEE utilizzando catalizzatori zeolitici ricavati da un altro scarto, ovvero le ceneri di carbone, e al quale è seguito uno stadio di upgrading per il miglioramento della composizione dei due prodotti ottenuti. I polimeri maggiormente impiegati nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (AEE) sono a base stirenica (PS, HIPS, ABS, SAN, ecc.), seguiti dal PP, PC (policarbonati), dalle resine poliestere (PBT e PET), dalle poliammidi (PA) e dal PVC. L'ostacolo maggiore al riciclo meccanico di questa plastica è la presenza e la pervasività di bromurati utilizzati come ritardanti di fiamma, con la conseguenza dell'impossibilità di avviare al recupero ingenti quantità di plastica selezionata. D'altra parte, famiglie di idrocarburi come i BTEX (benzene, toluene, etilbenzene, xileni), composti chimicamente stabili ed estraibili dalla degradazione termica di plastiche RAEE, risultano avere un valore di mercato. Infatti, rivestono un'importanza strategica per l'industria petrolchimica. Secondo i due rapporti "Global Benzene-Toluene-Xylene (Btx) Market Analysis 2018" pubblicato da Mitsubishi e il "Benzene Toluene Xylene Market - Global Industry Insight, Trends, Size, Share, Outlook, and Opportunity Analysis 2018-2026" pubblicato da Coherent Market Insights, il BTEX è considerato il feedstock di maggiore pregio dell'intera industria petrolchimica, ricoprendo il 40-50% del valore totale dei prodotti di origine petrolifera. Nell'ambito del progetto RIPLARAE che ha come obiettivo la valorizzazione di plastiche RAEE, sono state messe in campo le seguenti azioni:

1. Progettazione e realizzazione di un reattore a letto fluidizzato da banco per la produzione di miscele idrocarburiche da plastiche RAEE;
2. Conversione del prodotto di scarto "ceneri delle centrali termoelettriche a carbone" in zeoliti da impiegare quale catalizzatori della reazione di pirolisi delle plastiche da RAEE;
3. Upgrading dell'olio e del char di pirolisi per ottenere prodotti che abbiano valore di mercato;

e ottenuto i seguenti risultati:

1. Sintetizzate quattro tipologie di catalizzatori zeolitici dalle ceneri di carbone;
2. Incremento al 74% della frazione pregiata di miscela idrocarburica contenente i BTEX grazie all'impiego di un catalizzatore sintetizzato dalle ceneri di carbone;
3. Ottenimento di un char con sviluppo superficiale pari a 1840 m<sup>2</sup>/g, ricadente nell'intervallo di variabilità ammesso per un carbone attivo
4. Arricchimento in etilbenzene della miscela idrocarburica attraverso un processo di upgrading idrotermale fino al 200% rispetto al prodotto ottenuto con semplice degradazione termica.



**Partner industriali e di ricerca**

Rina Consulting – Centro Sviluppo Materiali S.p.A. - Dip. Ingegneria Chimica Materiali Ambiente - DICMA, Univ. "La Sapienza" (RM)

**Laboratori e Centri ENEA**

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali; Laboratorio Materiali e Processi Chimico-Fisici, Laboratorio Ingegneria dei Processi e dei Sistemi per la Decarbonizzazione Energetica Centro Ricerche Casaccia (Roma)

**Responsabile di Progetto**

Lorenzo Cafiero  
lorenzo.cafiero@enea.it

**Referenti tecnici**

Riccardo Tuffi  
riccardo.tuffi@enea.it  
Doina De Angelis  
doina.deangelis@enea.it  
Stefano Stendardo  
stefano.stendardo@enea.it  
Daniele Mirabile Gattia  
daniele.mirabile@enea.it

**Referente**

Egidio Zanin  
e.zanin@rina.org

**Finanziamento Progetto**

€ 44.000 Finanziamento ENEA –Proof of Concept

# Estrusione a filo di plastiche da RAEE per la stampa 3D

**A**ll'interno dei RAEE, i polimeri a base stirenica costituiscono più del 50 % in peso della plastica presente nel rifiuto (corrisponde mediamente al 30-35% in peso di un dispositivo) sono attualmente in parte ancora destinati a recupero energetico e a discarica. Infatti, ad oggi, il mercato dei polimeri riciclati è poco attrattivo data la sua bassa remuneratività.

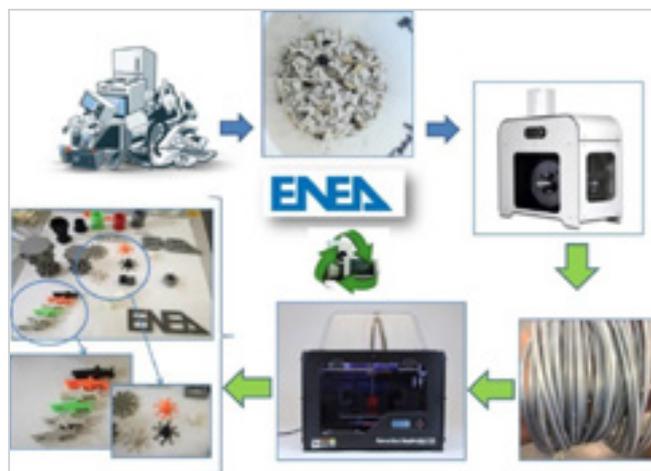
D'altra parte, l'ABS (Acrilo-Butadiene Stirene) è uno dei polimeri maggiormente impiegati come filo di alimentazione delle stampanti 3D e ha un costo di vendita che varia a seconda della qualità del filo prodotto e delle sue proprietà (25÷50 €/kg). La realizzazione di filo per la stampa 3D in ABS o in altri polimeri da plastica riciclata porterebbe quindi un modo più remunerativo per valorizzare questa frazione RAEE, consentendo al tempo stesso i vantaggi ambientali connessi al recupero di materia.

In tale ambito, Enea ha condotto uno studio sperimentale tramite un accordo di collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), il cui obiettivo è stato quello di valorizzare la frazione plastica presente nei RAEE attraverso la realizzazione di filo da impiegare come "toner" delle stampanti 3D. Il progetto biennale, finanziato per € 368.000, punta a sviluppare un processo di riciclo meccanico tramite estrusione di fili per stampanti 3D di plastica da RAEE, sperimentando la fattibilità di un potenziale alternativa green al filo commerciale costituito da ABS vergine.

Al fine di studiare la reale applicabilità di questa tipologia di rifiuti in plastica per la stampa 3D, sono stati raccolti e analizzati 20 campioni di plastica RAEE presso due impianti di trattamento del Centro Italia e alcuni dispositivi dismessi del CR ENEA della Casaccia. La caratterizzazione chimico-fisica ha evidenziato che circa metà dei campioni sono costituiti da frazioni disomogenee per colore e struttura e talvolta anche per polimero, rispetto alle etichettature riportate sulle scocche in plastica delle AEE, inducendo a volte a classificazioni delle plastiche RAEE errate. Successivamente, la fattibilità del processo è stata dimostrata tramite l'individuazione di alcuni campioni di materiale riciclato ottimali per l'estrusione a filo e la successiva stampa, ed altri con cui, nonostante costituiti da polimeri differenti, è stato comunque possibile realizzare un filamento idoneo a buone stampe, valutando sia la qualità dei fili prodotti che dei provini realizzati.

Il finanziamento ha consentito inoltre di valutare la possibilità di migliorare la qualità dei filamenti ottenuti tramite la realizzazione di opportune mescole polimeriche additivate. Tutti questi aspetti devono essere considerati per un'applicazione su scala industriale del processo.

<sup>1</sup> "Sviluppo di tecniche per la valorizzazione dei rifiuti e di azioni di supporto alla partecipazione italiana a tavoli internazionali ed europei sui temi della qualità dell'aria"



## Laboratori e Centri ENEA

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per il Riutilizzo, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali, Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali  
Centro Ricerche ENEA Casaccia Roma  
Laboratorio Materiali Funzionali e Tecnologie per Applicazioni Sostenibili  
Centro ricerche ENEA Brindisi

## Referente tecnico

Riccardo Tuffi  
riccardo.tuffi@enea.it

## Finanziamento Progetto

368.000 €

# Il recupero di materiali da telefoni a fine vita: il progetto PORTENT

**L**a quantità crescente di Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) crea notevoli problemi di gestione legati alla presenza di sostanze nocive che rappresentano un rischio per la salute umana e l'ambiente. I RAEE rappresentano al tempo stesso una vera e propria risorsa, in quanto ricchi di materiali potenzialmente valorizzabili.

Tra i RAEE, di particolare interesse per quantità immessa e per contenuto in materiali preziosi e/o strategici vanno annoverati i telefoni cellulari.

La tendenza della imprenditoria italiana che si occupa di riciclo è di fermarsi alle fasi di trattamento e riciclo più semplici ma meno remunerative, lasciando ad operatori stranieri il vantaggio di recuperare la parte "nobile" del rifiuto, in particolare le schede elettroniche, ricche di metalli quali oro, argento, palladio e rame.

Nell'ambito del progetto PORTENT (15 Aprile 2021 - 15 Novembre 2023) ENEA, in sinergia con l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", vuole sviluppare un processo innovativo per il recupero di materiali da telefoni cellulari a fine vita, propedeutico al completamento della filiera che ad oggi si ferma al commercio verso l'estero degli stock dei materiali separati. In particolare, gli obiettivi del progetto sono:

- caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle apparecchiature
- individuazione delle fasi di recupero e purificazione dei materiali
- sviluppo e verifica del processo di recupero materiali (TRL4)
- caratterizzazione dei reflui di processo ai fini della loro valorizzazione in ottica di Economia Circolare

Le tecnologie applicate per il recupero dei metalli saranno con larga prevalenza di tipo idrometallurgico che per loro peculiarità (modularità, flessibilità di impiego, bassi consumi energetici, ridotte emissioni, etc.) consentono un agevole processo di up-scaling e facile replicabilità

Le tecnologie applicate per il recupero dei metalli saranno con larga prevalenza di tipo idrometallurgico che per loro peculiarità (modularità, flessibilità di impiego, bassi consumi energetici, ridotte emissioni, etc.) consentono un agevole processo di up-scaling e facile replicabilità. nei contesti industriali, senza trascurare gli aspetti di accettabilità sociale di impianti di tale natura sul territorio.

L'idrometallurgia è la combinazione di tecniche separative in fase acquosa (quali lisciviazione, estrazione con solvente, scambio ionico etc.) ed è particolarmente indicata nella separazione e purificazione selettiva di elementi ad elevato valore aggiunto.

Il progetto si innesta su un filone di attività di ricerca e sviluppo maturate negli anni dal Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali (T4RM) ed è finanziato attraverso i fondi FESR della Regione Lazio (Fondo Europeo di Sviluppo Regionale - Programma Operativo regionale del Lazio).

<http://lazioeuropa.it/porfesr>



PROGETTO COFINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA

<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Responsabile Scientifico ENEA</b>	Danilo Fontana <a href="mailto:danilo.fontana@enea.it">danilo.fontana@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	€ 137.964,75

# Produrre batterie nuove da quelle a fine vita: le opportunità per una filiera italiana

La Direttiva 2006/66/CE stabilisce che almeno il 50% in peso di materiali delle batterie elettriche di trazione debba essere riciclato, prevedendo come soluzione anche l'esportazione al di fuori dai confini nazionali, purché siano rispettate alcune norme di sicurezza. In Italia, ad oggi, la prassi è il trasferimento all'estero: vi sono infatti centri di raccolta con buone percentuali di recupero delle batterie usate, ma non esistono impianti di riciclaggio. Per valutare se effettivamente il nostro paese stia perdendo un'occasione e se è immaginabile una filiera di produzione di batterie elettriche da materie prime seconde recuperate da quelle a fine vita, ENEA ha avviato un'analisi per quantificare il potenziale stock di materie prime seconde ottenibile tramite processi di riciclaggio dalle batterie esauste delle auto elettriche immatricolate in Italia. L'analisi è stata effettuata nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico (RSE), prendendo come riferimento tre differenti scenari di penetrazione al 2030 della mobilità elettrica nel parco auto italiano, proposti dallo studio e-Mobility Revolution della European House Ambrosetti.

A tali dati, riferiti al periodo 2010-2030, sono stati combinati dati specifici riguardanti la tipologia di batteria attualmente utilizzata (NMO) dal veicolo di riferimento dell'analisi, oltre alla tecnologia che verrà implementata nell'immediato futuro (batterie NMC 622) e quella a cui si è ipotizzato che si ricorrerà per le auto prodotte nel quinquennio 2025-2030 (NMC 811). Tenuto conto di uno scenario di seconda vita in ambito storage delle batterie esauste (in uscita dal settore automotive) e considerando l'efficienza di recupero e riciclaggio dei trattamenti ipotizzati, sono stati definiti i flussi di rilascio di materie prime seconde valorizzati tramite il sistema di recupero in analisi dal 2019 al 2038 per cobalto, litio, manganese e nichel. Lo studio ha previsto una valutazione di massima della fattibilità economica della filiera di riciclaggio ipotizzata, sulla base dei costi di gestione del sistema per tonnellata di rifiuto in ingresso e dei ricavi ottenibili dalle materie seconde, considerando diversi scenari di evoluzione dei valori di mercato. La maggior parte degli scenari ottenuti dimostra una fattibilità di massima che giustificerebbe gli investimenti necessari. Inoltre, la stima effettuata, in parallelo, sui costi ambientali esterni che il sistema di green mining proposto eviterebbe alla collettività, rende auspicabile l'avvio di una filiera del riuso, recupero e riciclaggio delle batterie elettriche in Italia.



Laboratori e Centri  
ENEA

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali

Referente tecnico

Cristian Chiavetta  
[cristian.chiavetta@enea.it](mailto:cristian.chiavetta@enea.it)

# Collaborazione con ENEL X sul riciclo delle batterie

Il numero di veicoli elettrici circolanti aumenta di anno in anno, con una crescita continua la cui importanza è evidenziata dal fatto che le case automobilistiche di tutto il mondo stanno puntando su questo nuovo settore.

Anche nel campo dello sharing i veicoli elettrici di diverse tipologie (automobili, scooter, biciclette, monopattini) stanno conquistando spazi sempre più ampi. Questo è reso possibile dalle migliori prestazioni, in termini di autonomia e velocità di ricarica, offerti dall'avanzamento tecnologico dei sistemi di accumulo. Il processo di innovazione ha conseguentemente aumentato la variabilità dei componenti delle batterie, rendendo sempre più complessa la gestione nelle fasi di recupero e fine vita. Grazie alle competenze e professionalità presenti, ENEA è coinvolta nel supportare ENEL X nell'ambito delle attività relative a "Circular Battery", sub-progetto di ENEL X all'interno del secondo Progetto di Comune Interesse Europeo sulle batterie "EuBatIn", con lo scopo di ricercare e sviluppare nuovi processi tecnologici per lo smontaggio e la gestione ottimale delle batterie, nell'intento di ottimizzare i processi industriali applicabili dai principali attori del settore. In particolare, le attività di ENEA riguarderanno:

## Automazione dei processi di dismantling delle batterie di derivazione automotive e stazionarie (WP1)

Sarà sviluppata la collaborazione tra operatore e robot, aumentando progressivamente il numero di operazioni che il robot può eseguire nel processo di smontaggio di una batteria.

## Definizione di best practices in materia di logistica, trasporto, stoccaggio delle batterie e gestione dei rifiuti considerando la circolarità del processo (WP2)

Ci sono molte problematiche legate ai processi di stoccaggio, recupero e riciclo delle batterie a fine vita: il progetto si occuperà della gestione in sicurezza di tutte queste fasi. Inoltre, verranno sviluppate linee guida per ottimizzare il processo di gestione dei rifiuti e dei sottoprodotti delle batterie a fine vita, trovando la corretta procedura per superare le problematiche riscontrate.

## Analisi e ottimizzazione delle operazioni di pre-trattamento con adozione di un approccio di life cycle thinking (WP3)

La sostenibilità delle nuove tecnologie analizzate verrà valutata utilizzando un approccio Life Cycle volto a considerare gli impatti ambientali calcolati, allo stesso tempo si valuterà la disponibilità e fattibilità di approvvigionamento di materiali per la produzione di batterie attraverso un'analisi macroeconomica della catena di approvvigionamento per ciascun materiale necessario.

## Ottimizzazione economica delle batterie esauste dopo i test di caratterizzazione (WP4)

Non mancano i problemi che riguardano il trattamento delle batterie a fine vita, come la difficoltà di valutare l'effettivo vantaggio di un processo di recupero e di trovare un mercato adeguato alle risorse recuperate. Verrà sviluppata una metodologia per effettuare una valutazione delle quantità di materie prime potenzialmente recuperabili dal processo di riciclo delle batterie adottando un approccio di Material Flow Analysis (MFA) e di Life Cycle Analysis (LCA).



<b>Committente</b>	ENEL X
<b>Dipartimenti e Centri ENEA</b>	Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN) Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) Centro Ricerche Casaccia (Roma) Centro Ricerche Bologna
<b>Referente tecnico</b>	Ing. Francesco Vellucci (TERIN-PSU-STMS)
<b>Responsabile WP1</b>	Ing. Vincenzo Nanni (TERIN-SEN-RIA)
<b>Responsabile WP2</b>	Dr.ssa. Cinzia Di Bari (TERIN-PSU-STMS)
<b>Responsabile WP3</b>	Dr. Pier Luigi Porta (SSPT-USER-RISE)
<b>Responsabile WP4</b>	Dr.ssa Francesca Ceruti (SSPT-USER-RISE)

# Il recupero di materiali da batterie agli ioni di litio a fine vita: il progetto ACROBAT

Il progetto ACROBAT, Advanced CRMs Recycling from spent LFP Batteries (2022-2024), ha come obiettivo principale lo sviluppo di un processo di recupero materiali da batterie litio ferro fosfato (LFP) a fine vita.

Le batterie LFP sono una particolare tipologia di batterie agli ioni di litio (LIBs) che si caratterizzano per un'elevata stabilità e sicurezza ed una lunga durata; esse inoltre contengono litio, fosforo e grafite, materiali critici per la nostra economia, motivo per cui la loro valorizzazione è di importanza strategica. Ad oggi, tuttavia, non esistono processi di recupero su scala industriale dedicati alla valorizzazione di tale tipologia di batterie. Gli obiettivi del progetto ACROBAT sono i seguenti:

- smontaggio e pretrattamento delle batterie
- recupero dei materiali contenuti nell'elettrolita
- caratterizzazione "in-line" della black mass
- recupero della grafite
- recupero del litio per via idrometallurgica e conversione in idrossido di litio monoidrato
- riciclo diretto del materiale catodico

ENEA in particolare studierà la valorizzazione dell'elettrolita contenuto nelle batterie LFP, con l'obiettivo di recuperare i materiali in esso contenuti. Sarà necessario, in primo luogo, studiare e mettere a punto un metodo analitico appropriato, che deve essere adattato alla specifica matrice in esame. Tale matrice si caratterizza per una elevata complessità, legata alla presenza di solventi organici e composti fluorurati, quali l'esafluorofosfato di litio (LiPF<sub>6</sub>).

Dovranno poi essere testate e confrontate diverse tecniche di separazione e purificazione al fine di recuperare i materiali di interesse.

L'obiettivo è il recupero del maggior quantitativo possibile di materiali dall'elettrolita, prestando attenzione alla potenziale valorizzazione dei sottoprodotti e dei reflui di processo, in ottica di Economia Circolare.

Il progetto, coordinato da VITO n.v. (Flemish Institute for Technological Research), è finanziato dal MUR mediante i fondi della rete paneuropea ERA-NET Confund on Raw Materials (ERA-MIN3).

<https://www.era-min.eu/>

[http://www.ricercainternazionale.miur.it/era/eranet-confund-\(h2020\)/era-min-3.aspx](http://www.ricercainternazionale.miur.it/era/eranet-confund-(h2020)/era-min-3.aspx)



**ACROBAT**

<b>Partner industriali e di ricerca</b>	VITO (BE), SIM2 Institute of KU Leuven (BE), Fraunhofer ILT (DE), Accurec Recycling GmbH (DE)
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Responsabile Scientifico ENEA</b>	Federica Forte <a href="mailto:federica.forte@enea.it">federica.forte@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	122.500 €

# La gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione: il progetto CONDEREFF

Il progetto CONDEREFF (Construction & demolition waste management policies for improved resource efficiency), nasce dall'esigenza di migliorare l'uso efficiente delle risorse nei Paesi UE attraverso la corretta gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) che rappresentano circa il 40% del totale dei rifiuti speciali prodotti in Europa e sono stati individuati dall'UE come flussi prioritari sui quali concentrare politiche ed approcci per una corretta valorizzazione. Attraverso lo scambio di esperienze sulle procedure di gestione dei rifiuti C&D, CONDEREFF vuole indirizzare i Paesi membri verso l'adozione e lo sfruttamento delle migliori pratiche e misure applicate nel settore. Il progetto consentirà alle regioni partecipanti di migliorare i loro obiettivi di efficienza nell'uso delle risorse e il raggiungimento degli obiettivi di riciclaggio (70%) imposti dalla Direttiva quadro sui Rifiuti. Nello specifico il progetto si propone di:

- sostenere l'integrazione del protocollo di gestione dei rifiuti da C&D dell'UE nelle politiche territoriali;
- rafforzare le capacità delle autorità pubbliche nella gestione dei rifiuti da C&D, degli appalti pubblici (Green Public Procurement e Criteri Ambientali Minimi), nel miglioramento e nella diffusione di impianti di riciclaggio, nella percezione pubblica;
- trasferire le lezioni apprese nelle politiche regionali dei partner.

CONDEREFF adotta un approccio di cooperazione transnazionale che coinvolge tutti gli attori coinvolti nella regolamentazione e nella gestione dei rifiuti C&D (autorità pubbliche, imprese di costruzione e demolizione, imprese di riciclaggio, autorità di controllo, professionisti e ricercatori) con l'obiettivo di:

- aumentare la capacità delle amministrazioni regionali nell'attuare politiche di uso efficiente delle risorse relative alla gestione dei rifiuti da C&D;
- migliorare le pratiche nella gestione, tracciabilità ed elaborazione dei flussi di rifiuti da C&D;
- incentivare gli investimenti e utilizzare gli appalti pubblici come motore per promuovere il potenziale economico del riutilizzo dei rifiuti da C&D;
- promuovere il potenziale economico del riutilizzo dei rifiuti da C&D;
- adottare processi di monitoraggio comprovati dei rifiuti da C&D e metodi di applicazione della normativa;

- migliorare la percezione e la fiducia degli attori della catena regionale nel potenziale e nel valore del riutilizzo dei rifiuti C&D;
- sviluppare piani d'azione per le autorità pubbliche migliorando gli strumenti politici.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Polytechnic University of Valencia (ES); Italian national agency for new technologies, energy and sustainable economic development – (IT); Region of Thessaly (GR); Auvergne-Rhône-Alpes Energy Environment Agency (FR); Regional Development Agency of the Pardubice Region (CZ); Lazio Region (IT); Styrian Provincial Government –Water management, Resources and Sustainability (AT); ISW Institute for Structural Policy and Economic Development (DE)
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Responsabile Scientifico ENEA</b>	Antonella Luciano antonella.luciano@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	1.617.955 €

# Progetto SMARTBIN-Verso una filiera sostenibile per le mascherine a fine vita

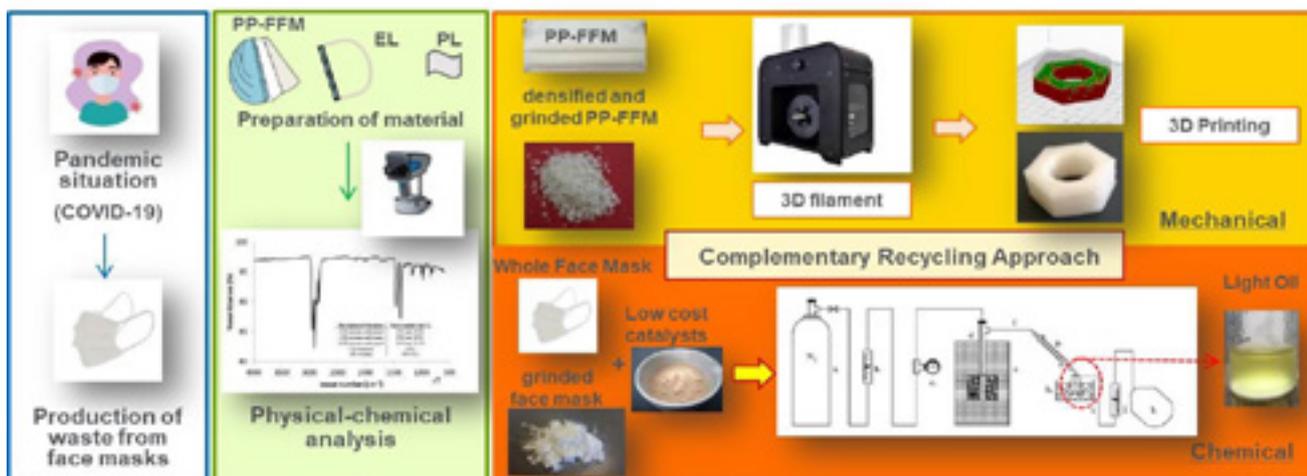
L'epidemia di coronavirus ha cambiato rapidamente le condizioni sanitarie, le abitudini di vita, le relazioni sociali e le attività economiche della nostra società. Ne è conseguito quindi un aumento enorme nell'uso di dispositivi di protezione, come le mascherine chirurgiche, che dopo il loro utilizzo diventano rifiuti sanitari, se prodotti nelle strutture sanitarie o sono conferiti nei rifiuti urbani indifferenziati, se prodotti nelle utenze domestiche.

Il progetto SMARTBIN è un progetto autofinanziato da ENEA durante l'emergenza pandemica, che ha previsto la realizzazione di un contenitore innovativo per il riconoscimento, la raccolta e il trattamento di sanificazione tramite UV-C delle mascherine anti-covid chirurgiche monouso ed FFP2. Il progetto infatti ha lo scopo ultimo di legare l'azione di raccolta e sanificazione di SMAK (The Smart Mask Bin), il bin intelligente, alla possibilità di creare una vera e propria filiera sostenibile delle mascherine chirurgiche monouso post consumo, in linea con i principi dell'economia circolare: laddove non si possa evitare la produzione di rifiuti, se ne deve recuperare il valore economico, minimizzando l'impatto sull'ambiente.

L'interesse per questa tipologia di rifiuto infatti, è nata dagli enormi volumi in gioco dovuti al periodo dell'emergenza sanitaria, ma anche dalla constatazione che le mascherine sono costituite per circa il 75-85 % p/p da diversi strati con diverse caratteristiche di tessuto non tessuto (TNT) in polipropilene (PP) puro non additivato o ingegnerizzato, molto simile a un materiale vergine e, conseguentemente, di una qualità tale da

renderlo facilmente riciclabile e appetibile dal mercato delle materie prime seconde. La nuova filiera proposta ha lo scopo di proporre una via innovativa per valorizzare la plastica di cui sono costituite le mascherine attraverso un processo "integrato" di riciclo meccanico e chimico. Dal punto di vista ambientale, il riciclo meccanico è preferibile alle altre opzioni di trattamento della plastica da rifiuto perché richiede poca energia, lascia intatta la possibilità di un successivo riciclo chimico o recupero energetico e dà luogo a una ridotta emissione di inquinanti, essendo coinvolte unicamente trasformazioni fisiche a temperatura moderate. Tuttavia, il riciclo meccanico non è particolarmente indicato quando il rifiuto è costituito da miscele plastiche eterogenee. Quindi alla base della fattibilità di un processo di riciclo meccanico deve necessariamente esserci una raccolta separata e, in questo caso, in sicurezza delle mascherine chirurgiche come quella garantita da SMAK. Un ulteriore miglioramento al recupero di materia secondo quanto previsto dalla gerarchia della gestione dei rifiuti (art. 179 del D.Lgs. 152/06) può essere introdotto da una nuova progettazione di prodotto in cui tutta la mascherina è costituita da un unico materiale o con componenti diversi facilmente rimovibili o presenti in minima quantità.

Nell'ambito del progetto SMARTBIN che ha come obiettivo la riduzione dell'impatto ambientale e sanitario delle mascherine chirurgiche e al contempo garantire il recupero di un materiale di qualità come il polipropilene (PP), utilizzato nella loro fabbricazione, sono state messe in campo le seguenti azioni:



L'approccio complementare di riciclo per il recupero di materia dalle mascherine

1. Progettazione e realizzazione di uno smart bin con dispositivo di sanificazione delle mascherine raccolte;
2. Progettazione e realizzazione di nuove mascherine mono-materiale in PP;
3. Esecuzione di un intervento pilota di raccolta delle mascherine in un grande stabilimento produttivo/aziendale;
4. Caratterizzazione delle mascherine chirurgiche e delle mascherine mono-materiale in PP progettate;
5. Recupero di materia tramite un approccio complementare basato su riciclo meccanico e chimico di una mascherina mono-materiale in PP.

SMAK è stato realizzato dalla ditta SARTORI AMBIENTE, con le specifiche tecniche fornite da ENEA. Ad oggi si sta terminando la fase di verifica di alcune funzionalità del prototipo per mettere in atto la fase 3 presso il C.R. ENEA Casaccia. Sono stati invece completate tutte le altre fasi. La progettazione, realizzazione e fornitura delle mascherine mono-materiale è stata eseguita alla ditta SANTINI S.r.l. Il percorso di ricerca relativo al riciclo chimico e meccanico è stato svolto in collaborazione con il DICMA della Sapienza, Università di Roma.

#### L'approccio complementare di riciclo per il recupero di materia dalle mascherine

I risultati della caratterizzazione hanno mostrato infatti che la mascherina mono-materiale composte per circa il 92% in peso da PP (filtro) di altissima qualità, miscelata con altro PP riciclato può essere estrusa per produrre un filamento da usare come toner per la stampa 3D. Senza l'aggiunta di ulteriori additivi nel processo, questo filamento è stato utilizzato per stampare un piccolo bullone di qualità visiva del tutto simile a quello prodotto da un filamento di PP commerciale. Contemporaneamente, l'intera mascherina è stata sottoposta anche un processo di pirolisi termo-chimica per produrre nuovi feedstock o combustibili. Per aumentare la resa di idrocarburi leggeri, in ottica di sostenibilità di processo, sono stati inoltre impiegati catalizzatori a basso costo sintetizzati da rifiuti (ceneri volanti di centrali a carbone, CFA), ottenendo una migliore qualità dell'olio leggero e del gas a discapito dei residui indesiderati di processo.

Ovviamente, questi processi sono realizzabili solo nell'ipotesi di una raccolta differenziata delle mascherine nelle farmacie, nelle strutture sanitarie o nei luoghi di lavoro. Congiuntamente ad un trattamento igienizzante, propedeutico ad una manipolazione sicura da parte dei lavoratori e un adeguato processo di riciclo, definiscono le basi per la creazione di una vera e propria filiera sostenibile delle mascherine monouso post consumo. In prospettiva, coinvolgendo tutti gli stakeholders, questo approccio potrebbe essere testato ed esteso anche ad altri dispositivi di protezione individuale, per massimizzare il tasso di recupero delle materie plastiche di cui sono costituiti.



<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Laboratorio Tecnologie per il Riutilizzo, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali; Divisione Tecnologie e Metodologie per la Salvaguardia della Salute (TECS) Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Responsabile di Progetto</b>	Marco Tammaro marco.tammaro@enea.it
<b>Referenti tecnici</b>	Riccardo Tuffi riccardo.tuffi@enea.it Letizia Tuccinardi letizia.tuccinardi@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	€ 45.000





# Biotechnologie e agroindustria

---

# Biocosi - tecnologie e processi innovativi per la produzione di bioplastiche per imballaggi

In Italia, come in altri paesi con un'importante tradizione casearia, la quantità di siero di latte prodotto ogni anno è enorme ( $8 \times 10^6$  tonnellate / anno) con un impatto ambientale di notevole entità.

Le soluzioni attualmente disponibili vanno dallo smaltimento come "rifiuto speciale non pericoloso" ai sensi della normativa (D.Lgs. 22/1997, DM 125/06), all'alimentazione suina o allo scarico illegale. Da ciò nasce l'idea di mettere a punto un processo che consenta di valorizzare questi sottoprodotti, sia dal punto di vista di frazioni nobili recuperabili attraverso processi di pretrattamento, sia dal punto di vista della fermentazione della frazione zuccherina contenuta (lattosio) per l'ottenimento di PHA (poliidrossialcanoati) e fermentazione della frazione proteica per ottenere biopeptidi ad attività antimicrobica e antipertensiva. Seppure la letteratura scientifica riconosca tali potenzialità, l'originalità sta nel rendere i processi trasferibili, applicabili e soprattutto utilizzabili in azienda, per essere in grado di affrontare le sfide di mercato.

Nasce così il progetto Biocosi (tecnologie e processi innovativi per la produzione di imballaggi 100% Biodegradabili e Compostabili per un'industria Sostenibile, economica/circolare ed Intelligente) che trasformerà i rifiuti caseari in risorse, ridisegnando il packaging in chiave sostenibile e introducendo materiali biodegradabili nelle linee produttive. Grazie ai processi di separazione a membrana sviluppati dall'ENEA nel Centro Ricerche di Brindisi che permettono il frazionamento del siero di latte, il progetto mira sia al recupero differenziato di tutte le componenti (quali sieroproteine/peptidi, lattosio e sali minerali) che di acqua ultrapura. Inoltre, la collaborazione EggPlant-ENEA per la produzione di bioplastica biodegradabile e bioderivata dal lattosio estratto dai reflui, consente la totale valorizzazione dei rifiuti orientata all'innovazione della filiera agro-alimentare, con benefici anche in termini di riduzione degli inquinanti dell'industria casearia e di impatto della plastica nell'ambiente.

Secondo studi ENEA presentati recentemente l'83% dei rifiuti in plastica censiti nei mari italiani è costituito da packaging, per lo più di plastica usa e getta. Questa innovazione ispirata ai principi dell'economia circolare con l'obiettivo "zero rifiuti a fine processo", risponde non solo ad esigenze di natura etica e ambientale ma anche economiche, legate ai costi elevati dello smaltimento dei reflui caseari, consentendo oltretutto di tagliare di circa il 23% il costo unitario di produzione del biopolimero.

Sviluppato nell'ambito del bando della Regione Puglia Inno-network il progetto è finanziato con circa 1,2 milioni di euro dal Programma operativo regionale POR-FESR 2014-2020.



Impianti separativi a membrana



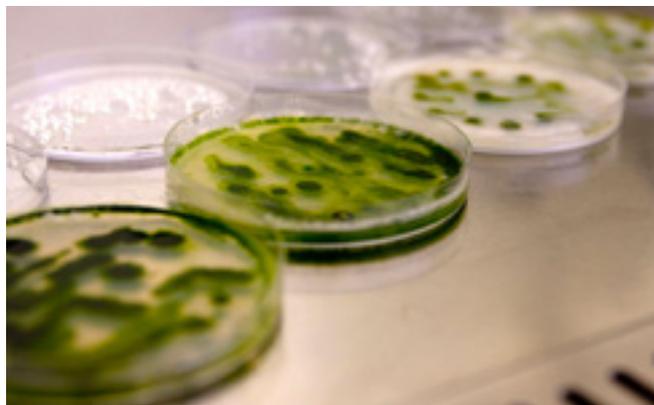
<b>Partner industriali e di ricerca</b>	CSQA, RL Engineering, Caseificio Colli Pugliesi, Compost Natura, Università di Bari, Reti di Laboratori Pubblici di Ricerca Microtronica - CNR IFN
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Laboratorio Sostenibilità, Qualità e Sicurezza delle Produzioni Agroalimentari Centro Ricerche Brindisi
<b>Referente tecnico</b>	Valerio Miceli valerio.miceli@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	1,2 milioni di euro

# Progetto VALUEMAG: produrre composti ad elevato valore da micro-alghe

**L**e microalghe sono delle potenziali fonti di composti naturali con importanti proprietà benefiche per la salute dell'uomo che possono essere impiegati nel settore alimentare, nutraceutico e cosmetico grazie alla funzione principalmente antiossidante e vitaminica.

In questo contesto, il progetto europeo VALUEMAG (Grant Agreement No 745695) - Valuable Products from Algae Using new Magnetic Cultivation and Extraction Techniques, finanziato dalla BioBased Industries BBI per un totale di 4,7 milioni di euro mira a sviluppare un innovativo sistema di coltivazione mediante un fotobioreattore magnetico in grado di ridurre drasticamente i costi di produzione algale. Dalle microalghe prodotte, i composti ad elevato valore aggiunto come i carotenoidi e gli omega-3 contenuti nelle matrici algali sono stati estratti mediante una tecnologia quale la CO<sub>2</sub> in condizioni supercritiche, che consente di ottenere tali prodotti in totale assenza di solventi residui. Le microalghe prodotte e i rispettivi estratti sono inoltre valorizzati in ambito agronomico come biopesticidi naturali contro le azioni di agenti patogeni su piante e frutti.

Il know-how dell'ENEA contribuisce al progetto VALUEMAG finalizzando più 50% degli obiettivi progettuali e alla valutazione dell'impatto nei settori della nutraceutica, cosmesi e di additivi alimentari.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	NomaSico (Cipro), Theracell (Grecia), PNO Innovation (Olanda), IRIS (Spagna), Exergy (Regno Unito), Vertech (Francia), Eparella (Austria), National Technical University of Athens (Grecia), Università degli Studi della Campania (Italia), Fyzikalny Ustav Slovenskej Akadémie Vied (Slovacchia)
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Laboratorio Bioprodotti e Bioprocessi Centri di Ricerche Portici, Casaccia e Trisaia
<b>Referente tecnico</b>	Antonio Molino <a href="mailto:antonio.molino@enea.it">antonio.molino@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	4,7 milioni di euro

# Processi innovativi e nuovi modelli di business per valorizzare sottoprodotti e scarti delle filiere olivicola e vitivinicola: il progetto CREIAMO

Individuare e promuovere nuove destinazioni e opportunità di valorizzazione di sottoprodotti e scarti delle filiere olivicola e vitivinicola in ottica di economia circolare, anche attraverso la simbiosi industriale, cioè il trasferimento di scarti e altre risorse inutilizzate generate dai processi industriali che vengono recuperati per essere utilizzati da un'altra azienda è stato l'obiettivo del progetto CREIAMO, finanziato dalla Fondazione Cariplo nell'ambito del bando Economia Circolare 2018, cui partecipano ENEA, l'Università degli Studi di Brescia, nel ruolo di coordinatore, e l'Università degli Studi di Milano Bicocca. Il progetto, iniziato nel 2019, si è concluso il 31 dicembre del 2021 e rappresenta la prima iniziativa strutturata per implementare strategie di economia circolare e la simbiosi industriale nell'ambito di una filiera produttiva in Lombardia; nello specifico, CREIAMO si è proposto di incrementare la competitività delle aziende lombarde attraverso la creazione di nuovi modelli di business e di una rete multidisciplinare e interdisciplinare di ricerca, rafforzando le componenti industriali e tecnologiche. A livello operativo i ricercatori di ENEA sono stati impegnati nelle attività per la valutazione di sostenibilità e l'organizzazione del tavolo di lavoro di simbiosi industriale, che si è svolto il 19 febbraio 2021. Per lo svolgimento delle attività relative alla simbiosi industriale, è stata utilizzata la metodologia ENEA, opportunamente adattata, in quanto, a causa della pandemia da COVID-19, il tavolo di lavoro con le aziende è stato svolto in modalità remota. Al tavolo di lavoro hanno partecipato 22 aziende, appartenenti a diversi settori produttivi; sono state condivise 96 risorse, di cui 72 output (risorse offerte dalle aziende) e 24 input (risorse richieste dalle aziende), l'86% delle quali appartenenti alla categoria di risorse materiali. Sono state identificate più di 100 potenziali sinergie, 77 sulle risorse output e 25 sulle risorse input. Anche a seguito di incontri individuali con le aziende, sono stati selezionati i flussi di risorse maggiormente significativi dal punto di vista quantitativo ed economico e su questi sono stati elaborati due manuali operativi, rivolti alle aziende direttamente interessate dalle sinergie e che vogliono implementare percorsi di simbiosi industriale:

- Manuale operativo per la valorizzazione degli scarti provenienti dalla filiera dell'olio e del vino: sanse, vinacce e acque di vegetazione;
- Manuale operativo per la valorizzazione della scoria nera da EAF e delle plastiche pre- e post-consumo.

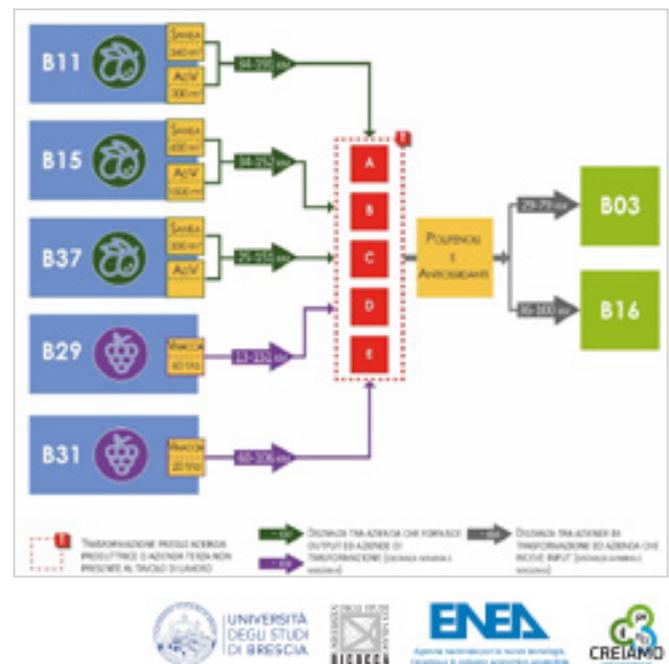
Il Manuale Operativo è organizzato in due parti:

- nella prima parte si riporta lo schema delle sinergie emerse dall'analisi dei dati condivisi al tavolo di lavoro e dallo studio di approfondimento successivo dei dati. Nella figura, a

puro titolo di esempio, è mostrato lo schema relativo allo scenario di valorizzazione degli scarti della filiera dell'olio e del vino per la produzione di molecole ad alto valore aggiunto;

- nella seconda parte del manuale (fascicolo tecnico) vengono trattati con maggiore dettaglio la regolamentazione, le norme tecniche, le caratteristiche degli scarti e dei processi produttivi per la loro valorizzazione.

È stata inoltre adottata la metodologia LCA per la valutazione di sostenibilità dei processi e dei prodotti.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Confindustria Brescia, aziende che hanno partecipato ai tavoli di lavoro
<b>Altri Partner di ricerca oltre ENEA</b>	Università degli Studi di Brescia (coordinatore), Università degli Studi di Milano, Bicocca
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali
<b>Centri ENEA coinvolti</b>	Casaccia
<b>Referente ENEA</b>	Silvia Sbaiffoni silvia.sbaiffoni@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	€ 299.985,00
<b>Finanziamento ENEA</b>	€ 85.050,00
<b>Web site</b>	<a href="https://creiamo-circulareconomy.com/">https://creiamo-circulareconomy.com/</a>

# Il progetto B-Blue e la sua community sulle biotecnologie marine

Lo sfruttamento delle biorisorse marine attraverso soluzioni biotecnologiche è un campo con un enorme potenziale di innovazione, di crescita economica e di supporto alla transizione ecologica nei settori della bioeconomia blu.

Tuttavia, lo sviluppo delle biotecnologie marine nel bacino del Mediterraneo soffre l'elevata frammentazione delle iniziative imprenditoriali e la mancanza di condizioni abilitanti per il trasferimento delle conoscenze dalla ricerca alle imprese: ricerca e innovazione sono troppo spesso sviluppate con iniziative isolate, senza un coordinamento che possa facilitare l'accesso al mercato.

Il progetto B-Blue (Building the Blue Biotechnologies Community in the Mediterranean – <https://b-blue.interreg-med.eu/>) sta affrontando le suddette problematiche. B-Blue è stato finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) attraverso il bando per progetti strategici del programma Interreg-Med, e vede la collaborazione di 10 partner provenienti da 8 paesi che si affacciano sul Mediterraneo. Il progetto è coordinato dal Dipartimento per la Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) dell'ENEA, e ha coinvolto finora più di 500 organizzazioni del bacino mediterraneo, tra aziende, società di consulenza, università, centri di ricerca ed enti pubblici al fine di supportare la loro interazione e favorire condizioni abilitanti per l'accesso dell'innovazione al mercato.

Le attività di B-Blue sono state condotte su due livelli: un livello nazionale che ha portato alla creazione di 5 Blue Biotechnologies Hubs, basati sull'approccio metodologico del living lab, con l'obiettivo ultimo di porre le basi per la creazione di ecosistemi dell'innovazione nelle cinque aree pilota; un livello internazionale favorito dallo sviluppo di una piattaforma digitale ed uno strumento di matchmaking e focalizzato sulla promozione di iniziative transnazionali congiunte, con il coinvolgimento anche organizzazioni della sponda sud del Mediterraneo, grazie alla collaborazione con il Cluster Marittimo Tunisino e Businessmed, due organizzazioni di supporto alle imprese basate in Tunisia. Gli Hub del progetto B-Blue sono stati attivati e sviluppati nel Golfo di Manfredonia (Italia), nella Regione di Murcia (Spagna), nella Costa Meridionale della Francia, nella zona costiera della Slovenia e in Attica (Grecia). Questi spazi partecipativi di innovazione aperta hanno trattato almeno una delle seguenti catene del valore: produzione di alghe per composti ad alto valore, valorizzazione di scarti dell'acquacoltura in altri settori produttivi, acquacoltura multitrofica integrata (IMTA) e valorizzazione sostenibile delle biorisorse marine nel settore cosmetico. Questa dimensione locale del progetto è stata costantemente accompagnata da attività di scambio di cono-

scenze ed esperienze tra i diversi hub in un'ottica di cooperazione e creazione di collaborazione a carattere transnazionale. Inoltre, il progetto ha favorito un generale coordinamento delle sue attività con le iniziative europee e mediterranee in corso, per accrescere il potenziale strategico del progetto stesso. Tra queste, il gruppo di lavoro Aquawest sull'acquacoltura sostenibile dell'Iniziativa Westmed, il gruppo di lavoro sulle biotecnologie blu del Cluster BIG, le attività del progetto BlueBio Cofund, il progetto Bluemed, la comunità di esperti del progetto Ocean4Biotech, e le attività del progetto Blue Bio Med, che, con la collaborazione di B-Blue, ha lanciato un Call to Action per un'alleanza nei settori della bioeconomia blu nel Mediterraneo (<https://blue-bio-med.interreg-med.eu/blue-bio-meds-call-to-action/>), da cui è nata la Mediterranean Innovation Alliance on Sustainable Blue Bioeconomy (Media): un framework di coordinamento rivolto ai settori della bioeconomia blu, in cui i principali output del progetto B-Blue stanno contribuendo all'attivazione di uno specifico gruppo di lavoro mediterraneo sulle biotecnologie marine. L'obiettivo principale del gruppo di lavoro, come pure della più ampia alleanza, è quello di razionalizzare e coordinare gli sforzi e le iniziative in corso, sia a livello locale che transnazionale, per favorire lo sviluppo di innovazione che supporti la transizione verso una bioeconomia blu sostenibile.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	ANI, CNR-Irbim, Hamag-Bicro, HCMR, NIB, Pole MÉR Mediterranee, Regione Puglia, STPM, UMU, Cluster BIG, Tunisian Maritime Cluster, Businessmed
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali Centro Ricerche Casaccia (Roma), Bologna, Portici (Napoli), Santa Teresa (La Spezia)
<b>Referente tecnico</b>	Cristian Chiavetta <a href="mailto:cristian.chiavetta@enea.it">cristian.chiavetta@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	€ 248.000

# Centro Nazionale per le Tecnologie dell'Agricoltura AGRITECH - PNRR Missione «Istruzione e Ricerca» Ministero dell'Università e della Ricerca

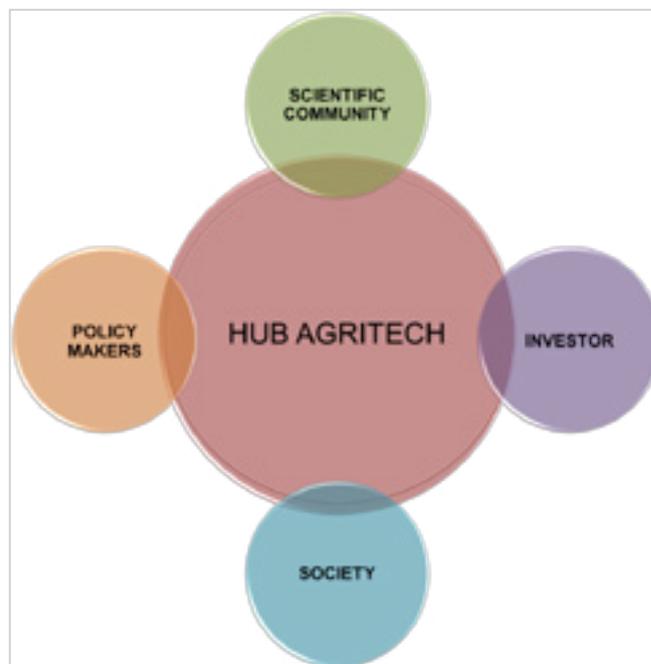
**C**entro Nazionale AGRITECH (Coordinamento: Università Federico II di Napoli) . Il Centro prevede l'applicazione di tecnologie per l'Agricoltura perseguendo 5 obiettivi principali:

- RESILIENZA - Adattamento delle produzioni ai criteri di sostenibilità e ai cambiamenti climatici;
- BASSO IMPATTO - Riduzione degli sprechi e dell'impatto ambientale;
- CIRCOLARITÀ - Sviluppo di strategie di economia circolare;
- RECUPERO - Sviluppo delle aree marginali;
- TRACCIABILITÀ - Promozione della sicurezza, tracciabilità e tipicità delle filiere agroalimentari.

ENEA è Affiliata ai WP 8 e WP 9

WP 8: Nuovi modelli di economia circolare per il settore agricolo attraverso valorizzazione di rifiuti e riciclaggio

WP 9: Nuove tecnologie e metodologie per la tracciabilità, la qualità la sicurezza e le certificazioni per monitorare e proteggere l'intera filiera dell'agro-food.



	WP 8.1 Producing new products to upgrade waste value
	WP 8.2 Agroenergy production from wastes to reduce energy dependence
	WP 8.3 Nutrient and organic matter recovery from wastes to reduce the use of agrochemicals and closing waste cycle
	WP 8.4 Sustainability assessment of the technologies and their integration in agriculture
	WP 9.1 Integrating new data and metadata on origin and sustainability
	WP 9.2 Integrating information on productivity, efficiency and sustainability for businesses, clusters and agrifood chains
	WP 9.4 Blockchain (BT) and distributed ledger (DLT) technologies



<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (BIOAG, USER); TERIN (ICT, SEN, BBC), FSN (TECFIS)- Centri di Ricerca Bologna, Casaccia, Portici, e Trisaia
<b>Referente tecnico</b>	Antonio Molino <a href="mailto:antonio.molino@enea.it">antonio.molino@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	350 Meuro

# PROVIDE: Protein and biomolecules sources for nutritional security and biodiversity in a circular food system

**P**ROVIDE ha lo scopo di promuovere la sostenibilità e la circolarità delle produzioni agroalimentari garantendo la qualità e la sicurezza – in termini sia di safety che di security – delle produzioni, rispondendo alla domanda dei consumatori di una dieta diversificata, sana e sicura.

In particolare, la proposta si incentra sul pane e i prodotti da forno, individuati come i più convenienti da consumare in posti, tempi, condizioni diverse, con la necessità di rispondere a requisiti di qualità e di sicurezza. Il progetto prevede lo sviluppo di nuovi prodotti da forno ad elevato valore aggiunto attraverso l'utilizzo come ingredienti di nuove fonti proteiche e molecole con funzione nutrizionale e nutraceutica.

Queste sono ricavate dalla valorizzazione di scarti e sotto-prodotti di altre filiere (es. lattiero casearia, semi oleaginosi, residui di fermentazione della birra) attraverso l'applicazione di mild e green technologies, quali le tecnologie a membrana, lo spray drying e la CO<sub>2</sub> supercritica.

Nuovi prodotti verranno quindi sviluppati e testati in impianti pilota e caratterizzati per parametri legati alla qualità e sicurezza alimentare. Verranno poi elaborati modelli per la sostenibilità e l'economia circolare, con particolare riferimento anche alla Responsible Research Innovation (RRI).

Il progetto, della durata di 36 mesi, è finanziato nell'ambito del programma ERA-NET SUSFOOD2 and CORE Organic Co-funds Joint Call 2019 - "Towards sustainable and organic food systems" - Topic 1: Resource-efficient, circular and zero-waste food systems.

ENEA riveste il ruolo di partner e partecipa alle attività di tutti i WP di progetto, coinvolgendo competenze legate alla qualità & sicurezza alimentare, caratterizzazione chimico-analitica di materie prime e prodotti, processi di estrazione di molecole ad elevato valore aggiunto da scarti e sotto-prodotti, sostenibilità ed economia circolare. In particolare, ENEA è leader dei WP dedicati a: innovazioni tecnologiche di processo, sostenibilità socio-economica e sociale, dimostrazione e trasferimento tecnologico.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	TUM (GE), IBA (RO), NTNU (MO), BIOROMANIA (RO)
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dip. Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali – Div. Biotecnologie e Agroindustria (SSPT-BIOAG), Div. Uso Efficiente delle Risorse e chiusura dei cicli (SSPT-USER)
<b>Referente tecnico</b>	Claudia Zoani <a href="mailto:claudia.zoani@enea.it">claudia.zoani@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	880 k€





## Territorio e città

---

# Il Progetto NETWAP per la gestione 'intelligente' dei rifiuti

Il progetto NETWAP ha avuto per scopo lo sviluppo di un modello sostenibile di gestione dei rifiuti, con particolare riguardo alla riduzione della plastica e della frazione organica, rivolto a piccoli centri turistici che si affacciano sulla costa adriatica. In particolare, è stata sperimentata l'applicazione della pratica del compostaggio su piccola scala e proposto un sistema di gestione per la plastica raccolta in spiaggia, a beneficio di località spesso lontane dai servizi di raccolta e trattamento che nella stagione estiva subiscono una notevole pressione turistica legata o a bellezze naturalistiche o alla presenza di siti archeologici. Il progetto ha consentito di superare le pratiche esistenti nella gestione della frazione organica, sostenendo le autorità locali e gli operatori economici, attraverso metodologie convertite in strumenti di politica locale, una formazione mirata e la fornitura della tecnologia stessa. È stato dunque compiuto il primo passo verso l'adozione di un approccio transfrontaliero dei rifiuti basato su un'efficace cooperazione internazionale e in sintonia con la gerarchia dei rifiuti dell'Unione europea e con i principi dell'economia circolare. Le esperienze pilota sono state effettuate nel comune di Fossalto (CB, Italia) e nell'isola di Ist facente parte della provincia di Zara (Croazia). La cooperazione tra istituzioni pubbliche e private italiane e croate ha permesso di elaborare e proporre metodologie operative e documenti di policy per la promozione di una normativa per le regioni interessate. Di seguito sono riportati i principali risultati raggiunti:

- primo caso di introduzione di raccolta differenziata della frazione organica in una piccola isola dell'arcipelago dalmata (Croazia) e primo caso di introduzione del compostaggio di prossimità nella regione Molise;
- risparmio nei trasferimenti della frazione organica ad impianti regionali di trattamento, per un totale di circa 1700 km in un anno per Fossalto e 1040 km in un anno per l'isola di Ist; in termini ambientali si beneficia di una riduzione del potenziale di riscaldamento globale (GWP) pari a 1400 kg CO<sub>2</sub> eq/t di frazione organica trattata per Fossalto e di una riduzione di GWP pari a 910 kg CO<sub>2</sub> eq./t per l'isola di Ist;
- minori costi da danno ambientale (minore consumo di risorse e minore produzione delle emissioni): poco meno di 5000 €/t per Fossalto e ca. 6500 €/t per l'isola di Ist;
- monitoraggio in mare di microplastiche utilizzando rete di tipo "manta" (apertura 300 μm) a largo delle coste e filtro galleggiante nei porti; rilevata una concentrazione di microplastiche da 0,3 a 1,8 microplastiche/m<sup>3</sup>;

- con riferimento ai dati del 2020, è stimata una riduzione del costo di gestione per il comune di Fossalto da 271 a 222 €/t di rifiuto trattato; per l'isola di Ist, una riduzione del costo di trasporto da 615 a 189 €/t.

Il progetto NETWAP, finanziato dal bando Interreg Italia-Croazia con un budget di 1.480,00 milioni di euro, ha visto la partecipazione, per l'Italia, di ENEA, Unioncamere del Veneto, Fondazione Fenice Onlus di Padova e GAL Molise verso il 2000 e, per la Croazia, del Comune di Zara (capofila del progetto), Istituto Ruder Bošković (Istituto Nazionale di Ricerca Croato analogo al CNR Italiano) e Čistoća (Azienda della provincia di Zara responsabile per la gestione dei rifiuti).



## Laboratori e Centri ENEA

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali: Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali, Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Modelli e Tecnologie per la riduzione degli impatti antropici e dei rischi naturali; Laboratorio Tecnologie per la dinamica delle Strutture e la Prevenzione del rischio sismico e idrogeologico, Sezione Supporto al coordinamento delle attività sull'Economia Circolare Tecnologie per il riuso, il riciclo, il recupero e la valorizzazione di rifiuti e materiali  
Centro Ricerche Casaccia

## Referente tecnico

Lorenzo Maria Cafiero  
lorenzo.cafiero@enea.it

# Progetto BIOCIRCULARCITIES “Modelli e soluzioni circolari per una gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti organici”

La bioeconomia circolare è un modello di gestione che nasce dall'integrazione tra bioeconomia ed economia circolare, con l'obiettivo di dare un forte impulso alla transizione ecologica.

In particolare, la bioeconomia circolare si propone di valorizzare i rifiuti organici e altre biomasse di scarto, mediante la realizzazione di prodotti ad alto valore aggiunto.

Il progetto BIOCIRCULARCITIES, finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020 della Commissione europea, ha come obiettivo l'accelerazione della transizione verso la bioeconomia circolare urbana, sviluppando nuovi modelli innovativi di gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti organici, attraverso studi pilota. Il progetto biennale, iniziato a ottobre 2021, riunisce, oltre all'ENEA, sette partner provenienti da sei Paesi europei: Fundació ENT (coordinatore del progetto, Spagna), Area Metropolitana de Barcelona (Spagna), Luxembourg Institute of Science and Technology (Lussemburgo), Association des Villes et Regions pour la Gestion Durable des Ressources (Belgio), CIVITTA Eesti AS (Estonia), Regionalna Energiina Agencija Pazardjik Sdruzenie - Regional Energy Agency of Pazardjik (Bulgaria) e Città Metropolitana di Napoli (Italia). BIOCIRCULARCITIES, attraverso un approccio partecipativo, intende stimolare la collaborazione tra tutti gli attori della filiera dei rifiuti organici, coinvolgendo i 4 segmenti della “quadrupla elica” (industria, scienza, società civile e politica) con eventi, iniziative e living labs, per promuovere la ‘conoscenza collaborativa’, necessaria a mappare potenzialità normative e di mercato, e per favorire lo sviluppo della bioeconomia circolare. In dettaglio, il progetto prevede l'analisi di tre diversi casi pilota, ognuno dei quali è focalizzato su una specifica catena del valore.

Per ogni caso pilota viene analizzato l'attuale modello di gestione dei rifiuti organici e, alla luce delle barriere ed opportunità legate alle normative locali vigenti, si valutano potenziali soluzioni basate sui principi della bioeconomia circolare.

La frazione organica dei rifiuti solidi urbani nell'Area Metropolitana di Barcellona (Spagna), gli scarti agro-industriali nella Città Metropolitana di Napoli (Italia) e i rifiuti organici del settore forestale nella Provincia di Pazardzhik (Bulgaria), sono le tre catene del valore identificate dagli stakeholder locali nei primi living labs. ENEA, nell'ambito del progetto, valuterà la sostenibilità economica ed ambientale dell'attuale gestione dei rifiuti organici e degli scenari alternativi di valorizzazione, secondo un approccio di Life Cycle Thinking, al fine di promuovere e potenziare l'implementazione della bioeconomia circolare sia a livello locale che a livello europeo.



**Laboratori e Centri ENEA**

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali

**Referente tecnico**

Amalia Zucaro  
amalia.zucaro@enea.it

**Finanziamento Progetto**

€ 999,893.75 (finanziamento del progetto)  
€ 154,138.75 (finanziamento per ENEA)

Bio-based Industries Joint Undertaking (JU) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101023516. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the Bio-based Industries Consortium.

# Il progetto Value CE-IN

La gestione delle acque reflue municipali ed industriali viene solitamente condotta con una logica end-of-pipe con l'obiettivo primario di rispettare i limiti per lo scarico degli effluenti depurati e lo smaltimento dei fanghi di supero. Ne consegue che il potenziale di recupero di risorse primarie (in primis la risorsa idrica, nonché i fanghi di supero e gli elementi nutrienti), oltre che di valorizzazione ed efficientamento energetico, venga poco sfruttato. Allo stesso tempo, l'impatto sempre più evidente dei cambiamenti climatici con fenomeni siccitosi e le problematiche di contaminazione delle acque superficiali e sotterranee, rendono indispensabile il ricorso a risorse idriche non convenzionali. Il progetto Value CE-IN (VALorizzazione di acque reflUE e fanghi in ottica di economia Circolare e simbiosi Industriale), finanziato nell'ambito del POR-FESR 2014-2020 della Regione Emilia Romagna, si inserisce in questo contesto, per implementare approcci di economia circolare e simbiosi industriale nella gestione delle acque reflue municipali ed industriali, per migliorare la sostenibilità ambientale ed energetica e introdurre nuovi scenari e modelli di business. Il progetto mira a:

- sviluppare sistemi smart per il monitoraggio della qualità degli effluenti e a controllare in tempo reale il loro riutilizzo in ambito agricolo, secondo i requisiti delle normative di settore (D.M. 185/2003; Proposta di regolamento COM(2018) 337);
- valutare gli effetti del riuso di acque reflue trattate sulla funzionalità di un sistema prototipale di micro-irrigazione (drip-irrigation) e sul sistema pianta/suolo, tramite allestimento di una parcella sperimentale dedicata;
- testare e validare biotecnologie innovative per il reimpiego delle materie prime seconde risultanti dal trattamento delle acque reflue (alghe, carboni vegetali o bio-char e bio-oli) nell'ambito delle filiere agro-industriali ed energetiche;
- potenziare la piattaforma software di simbiosi industriale e promuovere lo sviluppo di nuovi modelli di business per la chiusura dei cicli e lo scambio di materie prime seconde, tecnologie ed energia nel tessuto produttivo regionale.

Inoltre, tra le attività che vedono il coinvolgimento diretto del laboratorio LEA-ENEA, particolare attenzione viene rivolta alla sicurezza ambientale e sanitaria in relazione alle pratiche di riutilizzo idrico e valorizzazione agronomica dei fanghi, per individuare contaminanti emergenti e microplastiche nelle acque reflue in ingresso ed uscita dagli impianti di depurazione ed in corrispondenza di specifiche sezioni di trattamento, al fine di valutare i livelli di contaminazione delle acque depurate

e l'efficacia delle tecnologie di processo convenzionali ai fini della loro rimozione. Rispetto alle microplastiche, il progetto vuole colmare l'attuale gap di conoscenza sulle metodiche di campionamento e le procedure analitiche di determinazione univoca, mentre verranno testate differenti biotecnologie (processi di ossidazione avanzata, microalghe) per il trattamento depurativo di contaminanti emergenti (es. bisfenolo, ftalati, antibiotici) sebbene non specificamente normati. Il progetto viene condotto con il supporto del gruppo di lavoro ENEA che include Gianpaolo Sabia, Roberta Guzzinati, Marco Ferraris, Carmela Cellamare, Simone Busi.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Università di Bologna, Università di Ferrara, Politecnico di Milano, CNR
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Laboratorio ENEA per l'Ambiente (LEA)
<b>Referente tecnico</b>	Luigi Petta <a href="mailto:luigi.petta@enea.it">luigi.petta@enea.it</a>

# Il progetto GST4Water per l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica negli edifici e in ambito urbano

Il progetto GST4Water-Green-SmartTechnology, finanziato nell'ambito del programma POR-FESR 2014-2020 della Regione Emilia-Romagna e che ha visto ENEA coinvolto in qualità di partner, ha avuto come principale finalità la messa a punto di soluzioni hardware e software che consentano un uso consapevole della risorsa idrica a livello di singolo utente ed il riutilizzo delle acque grigie e meteoriche all'interno degli edifici. Per quanto riguarda l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica il sistema sviluppato consente di effettuare il monitoraggio in tempo reale dei consumi di acqua a livello di singolo utente e di restituire i dati opportunamente elaborati sia al gestore del servizio idrico che al consumatore. Esso è composto da una parte hardware, vale a dire l'interfaccia di raccolta dati / trasmettitore denominata "kit" e da una parte software rappresentata da un database su cloud e da piattaforme Internet di comunicazione-organizzazione-visualizzazione dei dati raccolti. Il "Kit", realizzato mediante single board computer a basso costo, raccoglie ogni cinque minuti i dati provenienti dagli smart meter installati su ogni singola utenza. Le informazioni raccolte sono inviate al database su cloud e i dati vengono quindi organizzati, archiviati ed elaborati per: evidenziare anomalie, calcolare i valori medi di consumo a diverse scale temporali, fornire report di possibili perdite nel sistema idrico all'interno dell'edificio. Il sistema di monitoraggio sviluppato ha permesso di ottenere una serie di risultati utili sia per i servizi idrici, in termini di gestione della rete idrica, sia per gli utenti, in termini di conoscenza dei propri comportamenti. A livello distrettuale, ad esempio, è stato possibile effettuare un bilancio di massa tra la quantità di acqua introdotta nella rete e l'acqua effettivamente consumata. Questa operazione ha permesso di evidenziare una perdita presente sulla rete di distribuzione. Inoltre, l'analisi di circa un anno di monitoraggio dei dati relativi al consumo complessivo per ciascun utente ha evidenziato un totale di 276 eventi di perdita suddivisi in tre categorie di entità: 84 perdite inferiori a 1 L /h, 138 perdite tra 1 e 10 L /h e 54 perdite in più di 10 L /h. Nell'ambito delle azioni atte a favorire la riduzione del consumo di acqua a livello di edificio attraverso il sistema di raccolta delle acque piovane (RWS) e delle acque grigie (GWS) è stato sviluppato un applicativo web basato su un modello matematico calibrato con i dati di consumo ottenuti all'interno del progetto stesso in grado di guidare il progettista nel dimensionamento dei serbatoi di stoccaggio delle acque grigie e delle acque piovane.

Il modello tiene conto delle condizioni climatiche locali delle principali città dell'Emilia Romagna e delle diverse configura-

zioni del sistema di recupero (RWS o entrambi i sistemi RWS e GWS) e delle proprietà dell'edificio (tipo di superficie di raccolta della pioggia, numero e qualità delle utenze presenti ed eventuale presenza di green technologies quali tetti verdi).

I risultati ottenuti mostrano chiaramente come la configurazione del sistema e la domanda di acqua non potabile possano variare in modo significativo l'efficienza di risparmio idrico a livello di edificio (ad esempio la presenza di un giardino). Nonostante l'utilizzo del solo RWS consenta di ridurre il consumo di acqua potabile in edifici senza giardino anche attraverso l'installazione di un piccolo serbatoio (2 m<sup>3</sup>), nel caso si debbano soddisfare anche le esigenze del giardinaggio le simulazioni mostrano come solo la presenza di un afflusso di acque grigie determini un aumento sostanziale dell'efficienza di risparmio idrico.

Il progetto GST4Water è stato condotto con il supporto del gruppo di lavoro ENEA che include: Marco Ferraris, Davide Mattioli, Gianpaolo Sabia.



**Partner industriali e di ricerca**

Università di Bologna, Università di Ferrara, Politecnico di Milano, CNR

**Laboratori e Centri ENEA**

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui

**Referente tecnico**

marco.ferraris  
marco.ferraris@enea.it

# I progetti GoBiom e +GAS per il recupero di materia ed energia da scarti organici e inorganici

Il superamento degli attuali modelli di sviluppo industriale, tipicamente basati su approcci lineari di gestione delle risorse, è prioritario soprattutto per i settori produttivi caratterizzati da un elevato grado di produzione di scarti e rifiuti che rappresentano un'importante voce di costo oltre che un problema di natura ambientale. In tale scenario, il laboratorio ENEA di Tecnologie per l'uso e la gestione efficiente di acqua e reflui (T4W) da diversi anni è impegnato a sviluppare e a validare sistemi sempre più efficienti e a basso impatto ambientale per minimizzare gli scarti da smaltire e per favorire lo scambio di materia ed energia tra diversi settori produttivi, in linea con i dettami dell'economia circolare. Le attività di ricerca più recenti riguardano l'ottimizzazione della filiera di produzione del biometano attraverso l'implementazione di tecnologie che mirano a massimizzare i ritorni complessivi di energia e materia dal trattamento flussi organici. In particolare, nell'ambito del progetto GoBiom - Ottimizzazione tecnologica filiera biometano, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna attraverso il programma POR-FESR 2014-2020 (Asse 1: Ricerca e Innovazione), a cui il laboratorio LEA-ENEA ha partecipato in qualità di partner, è stato sviluppato su scala pilota un processo di pretrattamento meccanico-biologico di scarti di produzione agricola (es. bucce di pomodoro, vinacce) caratterizzati da una particolare struttura (es. presenza di componenti fibrose e lignino-cellulosiche) che li rende scarsamente biodegradabili.

Il processo, basato sull'implementazione della cavitazione idrodinamica in accoppiamento con l'idrolisi biologica, consente di migliorare le rese in termini di produzione di biogas e di produrre intermedi metabolici (acidi grassi volatili) che possono essere ad esempio sfruttati per produrre bioplastiche. Nell'ambito del progetto +GAS - Produzione di biometano da energia elettrica rinnovabile, anch'esso finanziato dal programma POR-FESR 2014-20120 della Regione Emilia-Romagna, le azioni condotte dal laboratorio LEA-ENEA hanno riguardato il recupero e la valorizzazione dei flussi di CO<sub>2</sub> generati nei processi di digestione anaerobica attraverso l'implementazione, sempre su scala pilota, di un processo biologico che sfrutta la capacità di microrganismi cosiddetti idrogenotrofi di catalizzare la trasformazione in biometano a partire da idrogeno e CO<sub>2</sub>. Si tratta di un chiaro esempio di economia circolare poiché il biometano così prodotto può essere immesso nella rete di distribuzione del gas naturale, utilizzato nei trasporti o per altri usi industriali.



Laboratori e Centri  
ENEA

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui

Referente tecnico

antonio.giuliano  
antonio.giuliano@enea.it

# Recupero e valorizzazione energetica negli impianti di depurazione municipali

**G**li impianti di trattamento reflui oggi in uso sono stati progettati e realizzati senza dare priorità al contenimento dei consumi energetici, in quanto le richieste legislative erano esclusivamente rivolte alla capacità di rimozione degli inquinanti. La gestione del ciclo idrico risulta particolarmente energivora, con sensibili incidenze sulla bolletta energetica dell'ordine del 2-3% per il contesto italiano, di cui l'1% connesso alla sola gestione delle acque reflue (Campanelli, 2013). Nonostante gli attuali sistemi di trattamento reflui siano generalmente molto efficaci, è necessario un cambio di paradigma per ottimizzare l'utilizzo ed il recupero di energia e materie prime seconde in accordo coi principi di sostenibilità e di economia circolare ed in linea con i target di riduzione del 20% al 2020 (Direttiva 2012/27/UE). Nell'ambito del Progetto ES-PA Energia e Sostenibilità per la Pubblica Amministrazione, in collaborazione con l'Agenzia per la Coesione Territoriale, il Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui ha sviluppato le Linee Guida per l'efficienza energetica negli impianti di trattamento reflui (Linea 2.3.5) e per la produzione di energia dalle acque reflue (Linea 2.3.6). Le Linee Guida evidenziano che esiste un ampio margine di efficientamento energetico del settore depurativo, considerando che le acque reflue contengono circa cinque/dieci volte l'energia necessaria al loro trattamento (WERF, 2014). L'energia è contenuta nei reflui sotto forma chimica, termica e, in minore quantità, cinetica, ma l'unica che viene attualmente sfruttata su larga scala, anche se in misura inferiore alla potenzialità, è la frazione chimica. A livello nazionale ed internazionale esistono già diversi impianti di trattamento dei reflui con produzione di metano, contenuto nel biogas prodotto dai processi di digestione anaerobica dei reflui o dei fanghi. E sistemi innovativi di trattamento dei reflui potrebbero rendere autonomi gli impianti di depurazione dalle richieste energetiche esterne. Combinando la produzione di energia con processi innovativi di trattamento reflui (per mantenere gli indispensabili obiettivi di qualità delle acque allo scarico), in un futuro non lontano, gli impianti di depurazione potrebbero trasformarsi in sistemi di produzione di energia rinnovabile (Spagni et al., 2016). Ulteriore margine di azione viene offerto in termini di analisi e classificazione dei consumi energetici per i quali, ad oggi, non sono disponibili metodologie mature a differenza di quanto accade per altri settori come ad esempio quello edilizio.

In tale ambito, è stata messa a punto una procedura per la valutazione dell'efficienza energetica negli impianti di depurazione: dopo un'indagine preliminare finalizzata alla realizzazione di un database di riferimento dei consumi energetici dei processi depurativi, sono stati definiti specifici indicatori di performance energetica (KPIs-Key Performance Indicators) in relazione alle classi dimensionali impiantistiche (abitanti equivalenti trattati, carichi volumetrici influenti) ed alle efficienze di rimozione osservate. Su questa base è stata effettuata una prima analisi di benchmarking per valutare i potenziali margini di miglioramento e, successivamente, tramite tecniche di aggregazione lineare dei KPI, è stata messa a punto una procedura per la determinazione di un indice di consumo globale (GEI- Global Energetic Index) per poter introdurre classi di efficienza energetica e assegnare un'etichetta (labelling) per la valutazione dei livelli prestazionali degli impianti di trattamento.



<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui
<b>Referente tecnico</b>	Alessandro Spagni <a href="mailto:alessandro.spagni@enea.it">alessandro.spagni@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	83.000 euro

# Joint Cooperation Agreement ENI-ENEA: Progetto trattamento fanghi biologici

La gestione sostenibile dei fanghi biologici di depurazione rappresenta un obiettivo ambizioso non solo nel sistema idrico integrato ma anche in quei settori industriali dove, per la natura e le caratteristiche dei fanghi generati, il loro recupero in agricoltura non è perseguibile e il destino finale è spesso rappresentato dallo smaltimento in discarica, con aggravio dei costi di gestione e dell'impatto ambientale. Se da un lato la normativa europea e nazionale impone una riduzione della percentuale dei rifiuti organici conferiti in discarica, dall'altro la carenza impiantistica non permette spesso di trovare delle soluzioni alternative a questa tipologia di smaltimento.

Il questo panorama il progetto "trattamento dei fanghi biologici, nell'ambito del Joint Cooperation Agreement stipulato tra Eni ed ENEA", ha l'obiettivo di sviluppare degli scenari per il trattamento di fanghi biologici di depurazione industriali e civili nell'ottica del recupero di energia e materia. Il progetto si propone di individuare possibili alternative di gestione e trattamento che siano in grado di ridurre l'impatto ambientale legato alle attuali modalità di smaltimento previste per i fanghi di depurazione, coniugando i vantaggi ambientali alla riduzione dei costi di gestione.

I fanghi di depurazione oggetto dello studio sono quelli prodotti dal trattamento acque reflue generate in alcuni siti produttivi Eni e che afferiscono a diverse attività industriali: dalle raffinerie tradizionali agli impianti petrolchimici, dagli impianti per la produzione di bioetanolo alle bioraffinerie, dagli impianti per il trattamento dell'acqua di falda agli impianti di depurazione civili.

Il progetto prevede l'analisi generale dei trattamenti attualmente applicati in ciascun contesto e, contemporaneamente, l'esecuzione di caratterizzazioni analitiche a supporto della individuazione dei possibili scenari di trattamento (es. potenziale recupero di energia mediante biometano). Per ciascun sito di interesse verranno successivamente elaborate diverse alternative tecnologiche e progettuali, di cui verrà valutata la fattibilità tecnica ed economica, anche mediante il supporto di bilanci energetici. Tali attività verranno portate avanti dal Laboratorio ENEA Ambiente-LEA, afferente alla Rete Alta Tecnologia della Regione Emilia-Romagna.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Eni SpA
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui.
<b>Referente tecnico</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali Responsabile: Ing. Laura Cutaia <a href="mailto:laura.cutaia@enea.it">laura.cutaia@enea.it</a> Ing. Silvia Di Fabio <a href="mailto:silvia.difabio@enea.it">silvia.difabio@enea.it</a>
<b>Referente Progetto</b>	Dr.ssa Grazia Barberio <a href="mailto:grazia.barberio@enea.it">grazia.barberio@enea.it</a>

# Il progetto DECORUM per il settore dell'edilizia

**I**l progetto DECORUM (DEmolition and COstruction Recycling Unified Management)<sup>1</sup> si inserisce nel più ampio contesto dello sviluppo dell'economia circolare in edilizia e si propone di rendere disponibili strumenti per una gestione trasparente, efficiente, completa e agile della filiera dei materiali inerti, in particolare di quelli riciclati, e di facilitare una gestione unificata di tutte le fasi di realizzazione delle opere pubbliche superando l'attuale frammentazione. L'idea progettuale nasce dall'analisi dei bisogni nel settore della bioedilizia e del mercato degli appalti verdi e mira ad affrontare le problematiche relative alla scarsa disponibilità di strumenti e formazione adeguata e le criticità nell'applicazione dei più recenti indirizzi e normative in tema di Green Public Procurement e di caratteristiche prestazionali dei materiali. Nell'ambito del progetto è stata realizzata una piattaforma multi-user (Piattaforma DECORUM) come strumento di supporto ai diversi attori coinvolti nel ciclo di vita delle opere pubbliche quali committenti/stazioni appaltanti; progettisti, direttori dei lavori, collaudatori, laboratori di analisi, imprese di costruzione e demolizione, produttori di materiali riciclati per l'edilizia e gestori di impianti di trattamento e produzione di aggregati riciclati.

La piattaforma si articola in diverse sezioni e moduli di accesso/interfacce per i vari utenti e consente la gestione integrata delle varie fasi, garantendo il rispetto delle prescrizioni normative ed ambientali. I principali contenuti sono:

- un database normativo che traduce le norme tecniche e ambientali in voci di capitolato con specifiche prestazionali delle singole lavorazioni e/o specifiche tecniche e ambientali di componenti e materiali;
- un catalogo-listino di materiali edili, definiti dai produttori/venditori catalogati secondo parametri prestazionali e ambientali con relative certificazioni e con sistema di localizzazione;
- un database per la pubblicazione degli esiti di tutte le analisi di laboratorio svolte sui prodotti;
- un set di strumenti a supporto della progettazione, nelle sue diverse fasi di sviluppo, e della direzione lavori;
- un set di strumenti a servizio delle stazioni appaltanti per la pubblicazione di capitolati tecnico-prestazionali di gara, la registrazione delle offerte e la verifica del rispetto dei requisiti richiesti dai capitolati;
- uno strumento per la stima semplificata degli impatti ambientali e della circolarità.

L'utilizzo della piattaforma da parte delle stazioni appaltanti e di conseguenza da parte di tutti gli altri soggetti consentirà una maggiore trasparenza ed efficacia nella gestione delle opere, una semplificazione delle procedure ed una facilitazione dei processi.

Consentirà alle pubbliche amministrazioni di migliorare la capacità nell'attuare l'efficienza delle risorse rendendo applicabile e applicato il Green Public Procurement (GPP) ed il rispetto di criteri ambientali minimi (CAM) resi obbligatori in Italia ma con ancora diverse difficoltà nell'implementazione.

A valle di un diffuso utilizzo della piattaforma si renderanno disponibili dati e informazioni utili quali ad esempio: numero di progetti/opere realizzate nel rispetto del GPP e dei CAM, flussi di risorse/rifiuti coinvolti, tasso di riutilizzo di prodotti riciclati, caratteristiche prestazionali e ambientali dei materiali utilizzati, riduzione dei rifiuti prodotti durante le lavorazioni, parametri ambientali e di circolarità degli interventi. Tali informazioni saranno utili per monitorare l'applicazione dei CAM, lo stato di attuazione di soluzioni sostenibili e il livello di circolarità del settore.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Softlab SpA, Contento Trade
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Referente tecnico</b>	Antonella Luciano antonella.luciano@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	€ 625.510,69





## Strumenti per la transizione circolare

---

# Il progetto CICERONE: l'Agenda strategica delle priorità di ricerca e innovazione per l'economia circolare

**C**ICERONE è un progetto finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020 coordinato dalla Climate KIC quale gestore di un programma di finanziamento, nel quale ENEA svolge il ruolo di coordinamento tecnico scientifico.

L'obiettivo primario è l'ottimizzazione delle risorse finanziarie europee messe a disposizione prevalentemente come fondi strutturali, in particolare quelli dedicati all'implementazione di progetti integrati per la sostenibilità tramite innovativi modelli di business, evitando la duplicazione dei finanziamenti per iniziative simili e superandone la frammentazione mediante azioni congiunte.

Risultati:

1. Agenda strategica delle priorità di Ricerca&Innovazione (SRIA) composta da:
  - obiettivi e campi di ricerca prioritari
  - 4 proposte di progetto pilota pensate per un finanziamento congiunto di gestori di programmi regionali, nazionali ed europei, uno per ciascuna delle 4 challenge considerate strategiche (aree urbane, sistemi industriali, territorio e mare, catena di valore)
2. La piattaforma dei gestori di programmi di finanziamento, che devono garantire l'implementazione dei programmi congiunti

Include anche un Annex dedicato crisi economica dovuta al Covid-19

Periodo: 1 novembre 2018 - 31 marzo 2021



<b>Coordinatore tecnico</b>	Climate KIC
<b>Cordinatore scientifico</b>	ENEA
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Referente tecnico</b>	Claudia Brunori <a href="mailto:claudia.brunori@enea.it">claudia.brunori@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	€ 1.998.860

# Le competenze ENEA per il regolamento REACH sulle sostanze chimiche

Il Regolamento REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) sull'immissione di sostanze chimiche sul mercato UE prevede l'istituzione di un Servizio nazionale di Helpdesk in ogni Stato Membro per supportare le aziende coinvolte nella sua applicazione. In Italia, tale servizio è gestito dal MiSE con il supporto di un team ENEA che partecipa, inoltre, in qualità di membro con un esperto e due advisor al Comitato per l'analisi socio-economica (SEAC) dell'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA) cui il MiSE è tenuto a partecipare.

Il SEAC ha il compito di valutare l'impatto in termini economici delle decisioni della Commissione di restringere produzione, importazione e uso di determinate sostanze chimiche: quando una sostanza, una miscela o un articolo divengono rifiuti, il regolamento REACH cessa di essere applicabile in quanto i rifiuti sono sottoposti a specifica normativa. Tuttavia, quando da un rifiuto si origina un materiale recuperato, il REACH è nuovamente applicabile, come per qualsiasi altro materiale.

La transizione ad una economia circolare significa incentivare il recupero e il riutilizzo dei prodotti: la presenza di sostanze chimiche non più autorizzate dal REACH può impedire il recupero e il riutilizzo del materiale recuperato, bloccando il circolo virtuoso dell'economia circolare. Da qui l'importanza di un raccordo tra la normativa dei rifiuti e il Regolamento REACH che, a livello nazionale, viene effettuato dal Servizio di Helpdesk anche per quanto riguarda la definizione dei criteri End of Waste. L'Helpdesk partecipa al gruppo europeo per la sostituzione delle sostanze altamente preoccupanti (SVHC). Grazie alle competenze sviluppate nel campo del Regolamento REACH, ENEA sta supportando il Ministero dell'Ambiente nella sensibilizzazione delle PMI sul tema dei Criteri ambientali minimi (CAM) e del rispetto delle norme comunitarie, a partire dai settori tessile, conciario e calzaturiero.

I CAM partono dal rispetto delle prescrizioni REACH per poi spingersi verso obiettivi più ambiziosi, imponendo spesso valori limite più restrittivi. Il MATTM si è reso promotore di una serie di iniziative rivolte a piccole e medie imprese, in merito all'applicazione dei CAM negli Acquisti pubblici verdi.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Ministero dello Sviluppo Economico
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Referente tecnico</b>	Stefano Castelli stefano.castelli@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	949.400 €

# Misurare l'impronta ambientale di aziende e prodotti: il progetto EFFIGE

Il progetto LIFE EFFIGE- Environmental Footprint For Improving and Growing Eco-efficiency ([www.lifeeffige.eu](http://www.lifeeffige.eu)) si inquadra nell'ambito della Raccomandazione 179/2013/UE che ha introdotto la Product Environmental Footprint quale metodologia comune per misurare e comunicare le prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita delle organizzazioni e dei prodotti. Nello specifico, il Progetto prevede l'applicazione a livello sperimentale del metodo PEF/OEF (Product/Organization Environmental Footprint) in settori produttivi quali fonderie, legno-arredo, alimentare, servizio di ristorazione collettiva, non ancora esplorati dagli studi pilota condotti a livello europeo.

Ad oggi è stata completata una prima fase progettuale che ha previsto la raccolta di buone pratiche di certificazione ambientale di prodotto; la stesura di linee guida dettagliate che supportano la realizzazione degli studi PEF di alcuni prodotti (PEFCR, ovvero PEF Category Rules); l'esecuzione di studi PEF in aziende delle filiere coinvolte e attività di formazione per far conoscere alle aziende il metodo PEF e le modalità di utilizzo per misurare e comunicare in modo trasparente ed efficace l'impronta ambientale dei prodotti e sostenerne il miglioramento continuo.

In particolare, i ricercatori ENEA, dopo aver realizzato uno studio di screening secondo il metodo PEF sul servizio di ristorazione scolastica in Italia, hanno sviluppato le relative PEFCR. Hanno inoltre condotto gli studi PEF di alcuni prodotti selezionati dal partner di progetto CAMST fra quelli della propria filiera (due prodotti lattiero-caseari e due diversi formati di vendita di un olio extravergine di oliva biologico italiano) e, sulla base delle criticità ambientali emerse, hanno identificato alcune possibili azioni di miglioramento delle prestazioni ambientali, fra le quali le imprese selezioneranno quelle da attuare, a valle di una valutazione di praticabilità tecnica ed economica. Il percorso sarà completato da ulteriori studi PEF che verificheranno l'efficacia degli interventi.

A questa prima fase seguiranno attività per facilitare la diffusione e l'adozione del metodo PEF, quali la stesura di linee guida per la comunicazione ambientale, l'identificazione di opportunità di integrazione del metodo all'interno di altri strumenti e politiche Europee (es. EMAS, Ecolabel), e la verifica della replicabilità e trasferibilità dell'approccio. I ricercatori ENEA saranno impegnati inoltre nello sviluppo di alcuni software semplificati di supporto alle PMI e di una banca dati di inventari per PEF, a partire dai dati raccolti presso le imprese.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna (coordinatore), Assofond; CAMST; Consorzio Agrituristico Mantovano, DAI CARULINA, FederlegnoArredo
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali Centro Ricerche Bologna e Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Referente tecnico</b>	Laura Cutaia <a href="mailto:laura.cutaia@enea.it">laura.cutaia@enea.it</a>
<b>Finanziamento Progetto</b>	1.643.000 €

# Prodotti Made in Italy ad alto valore ambientale: il progetto LIFE MAGIS

Il progetto LIFE MAGIS – MAde Green in Italy Scheme si propone da un lato di supportare la diffusione della Product Environmental Footprint (PEF) promossa dalla Commissione Europea per armonizzare la valutazione degli impatti ambientali dei prodotti e, dall'altro, di sperimentare lo schema Made Green in Italy (MGI) introdotto dal Ministero dell'Ambiente (DM 56/2018) per valutare e comunicare il valore ambientale di prodotti Made in Italy utilizzando la metodologia PEF.

Finanziato dal Programma LIFE dell'Unione Europea e coordinato da ENEA, il progetto ha un costo totale di 2.624.169 €, ha preso il via nel settembre 2019 e si concluderà a dicembre 2022. I settori nei quali saranno individuati i prodotti oggetto di sperimentazione includono lavorazione della pelle, cosmetica, serramentistica e produzione di caffè, formaggio, prodotti da forno, gelati e ortofrutta.

Per i prodotti selezionati, LIFE MAGIS supporterà lo sviluppo di Regole di Categoria di Prodotto (RCP) come previsto dallo schema MGI e almeno 21 aziende dei settori di riferimento analizzeranno i propri prodotti con le RCP sviluppate.

Una specifica attività riguarda inoltre la replicabilità degli approcci e degli strumenti di LIFE MAGIS ad altri settori produttivi in Italia e agli stessi settori in Europa.

ENEA supervisionerà lo sviluppo delle Regole di Categoria di Prodotto, garantendone la conformità con le indicazioni europee e nazionali, e la creazione dei dataset che saranno prodotti e resi pubblici e svilupperà strumenti per facilitare il percorso delle aziende interessate allo schema Made Green in Italy (MGI). Di particolare rilievo saranno anche attività dedicate a valutare la percezione da parte dei consumatori delle informazioni veicolate dal MGI, studiare le modalità di comunicazione più efficaci e implementare azioni presso i consumatori finali. Il risultato finale atteso è il miglioramento del profilo ambientale dei prodotti italiani, il rafforzamento della comunicazione delle loro qualità ambientali e l'aumento della loro attrattività nei confronti dei consumatori. Il progetto mira infatti a raggiungere da una parte i produttori, ovvero aziende italiane che parteciperanno allo schema MGI, e dall'altra i consumatori, destinatari di una comunicazione ambientale chiara, trasparente e confrontabile.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Apo Conerpo Soc. Coop. Agricola, Cosmetica Italia – the personal care association, Consorzio per la Tutela del Formaggio Pecorino Romano, Legnolegno sc, Lineapelle Srl, Unione Italiana Food, Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per la Bioeconomia, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen University (Germania), Sant'Anna – Scuola Universitaria Superiore Pisa
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali Centro Ricerche Bologna
<b>Referente tecnico</b>	Sara Cortesi sara.cortesi@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	2.624.168 €

# Promuovere la ‘diagnosi delle risorse’ nelle imprese, i progetti ENEA- Sviluppumbria

La “Diagnosi delle risorse” rappresenta un’importante occasione per un’impresa di conoscere e monitorare la gestione delle risorse impiegate e poter elaborare un piano di efficientamento sia a livello aziendale (ottimizzazione e valorizzazione a livello aziendale), sia a livello territoriale (implementazione di percorsi di simbiosi industriale). Ad oggi non esiste uno strumento codificato né, tantomeno, le aziende sono tenute a conseguire dei risultati di miglioramento nell’uso e nella gestione delle risorse, ma l’applicazione di questa metodologia può dare rilevanti benefici economici, sociali e ambientali.

In questo contesto si inseriscono i due progetti Simbiosi Industriale in Umbria e PROPER Umbria (PROgetto Pilota per l’Efficienza delle Risorse) realizzati da ENEA in collaborazione con Sviluppumbria, l’Agenzia Regionale per lo Sviluppo Economico dell’Umbria, finanziati attraverso il Programma Innetwork 2016/2017.

Con il Progetto “Simbiosi Industriale in Umbria” nel 2017 sono stati realizzati due tavoli di lavoro di simbiosi industriale con le aziende locali al fine di mappare ed attivare collaborazione tra industrie di settori diversi per conseguire vantaggi competitivi derivanti dal trasferimento di materia, energia, acqua ed eccedenze. L’obiettivo è stato di individuare le possibili sinergie tra le aziende in modo da costruire una rete di collaborazione e trasferimento di risorse, intese come sottoprodotti, rifiuti, servizi ecc. Sono state condivise circa 250 risorse per un totale di 259 potenziali sinergie individuate e sono stati redatti due manuali operativi che hanno approfondito la valorizzazione degli scarti generati dalla filiera agroindustriale della produzione di olio di oliva: uno sulla produzione di sostanze nutraceutiche dalle acque di vegetazione dei frantoi, ed un secondo sulla produzione di energia degli scarti della filiera olivicola.

Anche sulla base di questa esperienza di simbiosi industriale è stato proposto e realizzato il progetto “PROPER Umbria” (PROgetto Pilota per l’Efficienza delle Risorse) nel 2018, con la collaborazione della multinazionale Meccanotecnica Umbra - MTU, che si è resa disponibile alla sperimentazione pilota di “Diagnosi delle risorse”, uno strumento che si ispira per analogia a quanto è richiesto alle aziende per la Diagnosi energetica per migliorare le prestazioni energetiche. La metodologia sviluppata nell’ambito del progetto consiste in una mappatura delle materie prime e dei materiali utilizzati nei processi produttivi, a seguito della quale è stata effettuata la diagnosi delle risorse e quindi il piano di ottimizzazione delle stesse.

Conoscere come e dove possono essere riutilizzati gli scarti aziendali, o come eventualmente ridurre la produzione, è un dato importante per migliorare le prestazioni anche economiche di una azienda e consente inoltre di misurarne il grado di circolarità. I progetti sono stati sviluppati nell’ambito del Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali “RISE” della Divisione Uso efficiente delle risorse del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, nel Centro Ricerche ENEA di Bologna.



**SVILUPPUMBRIA**   
Industria e territorio in sinergia

**Laboratori e Centri ENEA**

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali  
Centro Ricerche Bologna e Centro Ricerche Casaccia (Roma)

**Referente tecnico**

Laura Cutaia  
[laura.cutaia@enea.it](mailto:laura.cutaia@enea.it)

# Il progetto STORM per una rete di competenze sulla simbiosi industriale

La simbiosi industriale rappresenta una strategia di ottimizzazione dell'uso delle risorse che coinvolge le industrie di un territorio attraverso il trasferimento di risorse (materia, energia, acqua, spazi, logistica, competenze ecc.): scarti e altre risorse inutilizzate generate dai processi industriali vengono recuperati per essere utilizzati da un'altra azienda, in genere operante in un settore produttivo diverso. In questo modo viene prodotto un reciproco beneficio o simbiosi, che si traduce in vantaggi di tipo economico, ambientale e sociale, opportunità per le imprese, per le aree e i distretti industriali, per lo sviluppo locale e per la valorizzazione delle risorse in maniera aggregativa (economie di scala). STORM (Industrial Symbiosis for the Sustainable Management of Raw Materials), finanziato dall'European Institute of Innovation and Technology (EIT) nell'ambito del programma Horizon 2020, è un Network of Infrastructures (NoI) della Knowledge and Innovation Community Raw Materials (KIC RM). Gli 11 partner, coordinati da ENEA, hanno competenze complementari sui temi della valorizzazione delle risorse, della gestione e riciclo dei rifiuti, dell'eco-innovazione, dell'ecologia industriale. L'obiettivo del progetto, concluso nel dicembre 2018 dopo tre anni di attività, è stato la creazione di una rete di eccellenza per la fornitura di servizi alle aziende per l'implementazione di soluzioni di business innovative e sostenibili e di modelli di cooperazione per l'uso efficiente delle risorse e per la loro valorizzazione a livello europeo, attraverso la simbiosi industriale. A tale scopo sono stati armonizzati i formati e gli strumenti per la simbiosi industriale ed è stata sviluppata una metodologia comune, della quale è stata testata e verificata la trasferibilità e replicabilità. Le principali attività svolte sono state:

1. realizzazione di una banca dati dei servizi disponibili per uso esterno;
2. due applicazioni pilota di simbiosi industriale con le aziende a Lubiana (Slovenia, aprile 2017) e ad Assisi (Italia, giugno 2017), con l'obiettivo di elaborare la metodologia comune di STORM. Durante i due eventi sono state adottate due diverse metodologie e diversi formati per raccogliere i dati relativi alle risorse dalle PMI partecipanti agli eventi di simbiosi industriale, già testati da ENEA nell'ambito di altri progetti nazionali;
3. elaborazione della metodologia comune per la simbiosi industriale;
4. applicazione della metodologia comune nei tavoli di lavoro di simbiosi industriale a Budapest (Ungheria, dicembre 2018);
5. workshop con istituzioni e aziende a Bilbao (Spagna, dicembre 2017).

Nei tre tavoli di lavoro di simbiosi industriale le aziende hanno avuto la possibilità di incontrarsi e confrontarsi, individuando complessivamente oltre 200 potenziali sinergie.

La metodologia proposta ha le potenzialità per promuovere e potenziare l'implementazione della simbiosi industriale sia a livello regionale che a livello europeo con una buona replicabilità; contribuisce inoltre a promuovere l'uso efficiente delle risorse e dei nuovi modelli di business attraverso l'individuazione di nuove opportunità di collaborazione nella condivisione di risorse, infrastrutture e servizi.



<b>Partner industriali e di ricerca</b>	DMT GmbH & Co., aziende che hanno partecipato ai tavoli di lavoro
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli, Laboratorio Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali Centro Ricerche Casaccia (Roma)
<b>Referente tecnico</b>	Silvia Scaffoni silvia.scaffoni@enea.it
<b>Finanziamento Progetto</b>	295.000 €

# Percorsi di formazione professionale per istituzioni e imprese

**E**NEA implementa percorsi formativi rivolti alle imprese e alle istituzioni che vogliono realizzare un uso sostenibile e condiviso delle risorse in chiave di economia circolare, incentrati su un approccio innovativo che permette di approfondire questa tematica in modo pratico e operativo, grazie presentazioni assistite, analisi di casi-di successo e di nuovi modelli di business e la partecipazione 'in presenza' ai laboratori. Fra i progetti attualmente disponibili si segnalano:

## ATELIER (Attività Tecniche e formative per lo sviluppo dell'Imprenditoria sull'Economia circolare)

Il progetto supporta UNIONCAMERE Lombardia per lo svolgimento di attività tecniche e formative per la promozione dell'economia circolare. ATELIER rende disponibili a imprenditori e personale delle Camere di Commercio corsi "su misura" delle specifiche esigenze territoriali, attraverso un approccio "bottom-up" che consente di indagare i fabbisogni e le aspettative reali. È inoltre prevista l'attivazione di un panel di esperti portatori di best practice e catalizzatori di ulteriori attività legate all'economia circolare sul territorio lombardo. Nello specifico il progetto prevede:

- I. Analisi territoriale con focus group, attivazione di un panel di esperti e definizione di un piano di attività che identifichi i fabbisogni formativi e i relativi corsi;
- II. Formazione del personale delle CCIAA attraverso l'organizzazione, gestione e realizzazione di un seminario formativo;
- III. Formazione alle imprese con corsi modulabili sulla base dei fabbisogni identificati in fase I.

## CETIP (Circular Economy Training Italy Pilot)

Il Progetto Europeo, finanziato da EIT-Climate KIC nell'ambito del programma Education e coordinato da ENEA in collaborazione con l'Agenzia per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile (AESS), ha previsto un percorso pilota di formazione sui temi dell'economia circolare rivolto a imprese e stakeholder del territorio di diversi settori del distretto industriale Roveri a Bologna. I principali obiettivi sono stati:

1. aumentare la conoscenza delle imprese sull'economia circolare per identificare soluzioni per un uso efficiente delle risorse e di chiusura dei cicli (closed-loop system).
2. favorire l'adozione di modelli di business basati sull'economia circolare
3. accrescere le sinergie e la collaborazione tra le imprese e tra gli stakeholder del territorio.

Ulteriori informazioni:

<https://learning.climate-kic.org/en/courses/spotlight/circular-economy-energy-and-resource-efficiency-in-business-parks>

Partner industriali e di ricerca	Imprese Lombardia
Partner tecnico-scientifici	Unioncamere Lombardia
Coordinatore progetto Atelier	ENEA
Laboratori e Centri ENEA	SSPT-USER-RISE; SSPT-SEC; SSPT-USER-T4RM; SSPT-USER-T4W
Referente tecnico	Francesca Ceruti <a href="mailto:francesca.ceruti@enea.it">francesca.ceruti@enea.it</a>

Partner industriali e di ricerca	Confindustria Emilia
Partner tecnico-scientifici	AESS
Coordinatore progetto CETIP	ENEA
Laboratori e Centri ENEA	SSPT-SEC C.R. Bologna e Casaccia
Referente tecnico	Francesca Cappellaro <a href="mailto:francesca.cappellaro@enea.it">francesca.cappellaro@enea.it</a>

### CL-Hub (Circular Learning Hub)

Il Progetto Europeo finanziato da EIT-Climate KIC nell'ambito del programma Education e coordinato dall'Università Politecnica delle Marche (UNVPM), vede il coinvolgimento di ENEA come partner insieme ad altri soggetti nazionali e internazionali. Il progetto è si propone di implementare un percorso innovativo di consapevolezza-ideazione-azione rivolto agli stakeholder del mondo industriale e della finanza, in particolare della Regione Marche, per la transizione verso l'economia circolare.

I principali obiettivi del progetto riguardano:

## RefresCO

### Progetto RefresCO

Finanziato da EIT-Raw materials KIC nell'ambito del programma long learning education, il Progetto Europeo RefresCO è coordinato da ENEA e coinvolge sette partner nazionali ed internazionali, tra cui università, centri di ricerca e imprese, con competenze complementari, infrastrutture e comprovata esperienza, nel settore delle materie prime, i Raw Materials, dove esistono pochissimi corsi integrati e fortemente specializzanti. RefresCO progetta e realizza corsi di formazione su misura per aziende, pubbliche amministrazioni e altre organizzazioni aggregando in un'unica piattaforma di esperti la vasta gamma di competenze tradizionalmente offerte in corsi separati. I corsi nascono sulla base di una "target, topics & tool analysis" che ha condotto ad un database di proposte formative rispondenti alle esigenze didattiche/organizzative degli operatori del settore (es. minatori, riciclatori, manager, economisti, ingegneri, avvocati ecc.). Sono stati realizzati cinque eventi formativi sia in Italia che nei paesi degli organizzatori partner, sperimentando diverse modalità di erogazione (in aula, con streaming, SPOC ed e-learning) e durate (delle 8 ore sino ai 3 giorni full time) a seconda delle esigenze e degli obiettivi didattici degli operatori cui sono stati rivolti. Tutti i corsi sono stati erogati in forma gratuita.

Per maggiori informazioni su progetto e corsi erogati:

<http://www.refrescoetrm.eu/>

<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Confindustria Marche Nord; Climate Media Factory; Azimut Capital Management; CONSOB; Unicredit
<b>Partner tecnico-scientifici</b>	ENEA; AESS; Cleantech Bulgaria Ltd.; Athena Research and Innovation Center
<b>Coordinatore progetto CL-Hub</b>	Università politecnica delle Marche
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	SSPT-SEC C.R. Bologna, Casaccia e Brindisi
<b>Referente tecnico</b>	Francesca Cappellaro <a href="mailto:francesca.cappellaro@enea.it">francesca.cappellaro@enea.it</a>

<b>Partner industriali e di ricerca</b>	Zanardi Fonderie SpA
<b>Partner tecnico-scientifici</b>	Bay Zoltan; Università Milano Bicocca; CEA; Limerick University MEERI; Università di Padova
<b>Coordinatore progetto RefresCO</b>	ENEA
<b>Laboratori e Centri ENEA</b>	SSPT-USER-RISE SSPT-SEC
<b>Referente tecnico</b>	Grazia Barberio <a href="mailto:grazia.barberio@enea.it">grazia.barberio@enea.it</a>

# Progetto RECiProCo “Realizzazione di strumenti e iniziative sull’economia circolare a vantaggio dei consumatori”

**R**endere i cittadini protagonisti del processo di transizione verso l’economia circolare, attraverso la co-ideazione e la co-progettazione di strumenti e azioni da implementare sul proprio territorio, è una delle leve principali per innescare o accelerare la gestione efficiente delle risorse.

Il forte impegno delle istituzioni nel supportare pubblica amministrazione, imprese ed enti no profit a cogliere le opportunità derivanti da modelli di business circolari e creare sinergie tra le diverse realtà organizzative, è di fatto una condizione necessaria ma non sufficiente per il successo della transizione circolare.

L’abbandono del modello lineare richiede soprattutto un aumento della consapevolezza e del coinvolgimento attivo dei cittadini sui temi della sostenibilità, che può essere raggiunto attraverso politiche di formazione e campagne di sensibilizzazione. Il progetto RECiProCo realizzato da ENEA e finanziato dal MiSE, indirizza le proprie attività ai cittadini nel loro ruolo di consumatori.

Gli obiettivi di progetto possono essere così riassunti:

**WP1:** Mappatura delle attività realizzate dalle associazioni dei consumatori sui temi dell’efficienza energetica, della lotta alla povertà energetica e dell’economia circolare ai fini di un’ulteriore valorizzazione e della realizzazione di progetti di sistema, anche mediante collaborazione con altri enti. Il raggiungimento degli obiettivi ha permesso di fornire indicazioni e potenziare soluzioni per implementare l’economia circolare, mettendo a sistema le diverse iniziative che vedono coinvolti sia il committente (MiSE) che il soggetto attuatore (ENEA). Pertanto, questo WP1, di raccordo con iniziative analoghe, vuole creare sinergia tra le azioni e le esperienze in essere, affinché non ci sia dispersione di risorse, ma al contrario un potenziamento delle stesse, per poter innescare il cambiamento culturale che porta all’applicazione di percorsi di economia circolare e di educazione al consumo consapevole e responsabile.

**WP2:** Lo sviluppo di forme di identificazione per prodotti e servizi con ridotto impatto ambientale, attraverso l’elaborazione di una metodologia per misurare e comunicare la circolarità dei prodotti e la definizione di indicatori di circolarità sulla risorsa idrica.

Per lo sviluppo di tale sistema è stato seguito un approccio di ciclo di vita, considerando i materiali di cui è costituito il prodotto (es. percentuale di riciclato, percentuale di sottoprodotto, etc.), la fase d’uso (es. durata del prodotto, riparabilità, etc.) e il fine vita (es. percentuale di materiale destinato al riciclo, etc.). Per ogni indicatore è stato individuato un metodo di misura/verifica. L’obiettivo finale, oltre che comunicare

la circolarità di un prodotto in modo completo e adeguato, è supportare le imprese ad identificare aree di miglioramento ambientale (ad es. attraverso l’eco-design).

Per quanto riguarda l’uso della risorsa idrica, sono stati utilizzati metodi già esistenti, ma integrati con la valutazione dello stress idrico a livello locale/del sito produttivo. Il sistema di comunicazione sarà leggibile attraverso un barcode o un QR code, sviluppato all’interno del progetto, e sarà destinato sia al consumatore finale che alle aziende, in un’ottica B2B, in quanto consente sia di ridurre gli impatti dei prodotti in un’ottica di eco-progettazione e di economia circolare, agendo sulla fase di scelta dei materiali e componenti che li costituiscono, sia di ridurre gli impatti complessivi delle catene di fornitura.

**WP3:** La realizzazione di un progetto “Pilota per smart governance”, al fine di promuovere l’educazione all’economia circolare, la formazione ed il coinvolgimento attivo dei cittadini, anche attraverso la promozione e la diffusione di buone pratiche sul territorio. Il WP3 mette in campo azioni che prevedono il coinvolgimento attivo e diretto dei cittadini, lavorando in sinergia con associazioni di consumatori, associazioni di cittadini e il mondo della scuola, al fine di co-progettare percorsi formativi verso stili di vita e di consumo consapevoli e responsabili e realizzare specifici output a favore dei consumatori e basati sull’economia circolare. Il WP3 si articola in 3 task le cui attività sono implementate su tre territori pilota: Anguillara Sabazia (Comune della Città Metropolitana di Roma) e area del Parco di Bracciano e Martignano, Bologna e Taranto.



## Laboratori e Centri ENEA

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali, Sezione Supporto al coordinamento delle attività sull’Economia Circolare; BIOAG  
Casaccia, Bologna, Trisaia, Brindisi

## Referente tecnico Responsabile di Progetto

Carolina Innella  
[carolina.innella@enea.it](mailto:carolina.innella@enea.it)  
Claudia Brunori  
[claudia.brunori@enea.it](mailto:claudia.brunori@enea.it)

## Finanziamento Progetto

Ministero dello Sviluppo Economico in attuazione dell’art. 5, comma 1 del decreto del 10 agosto 2020

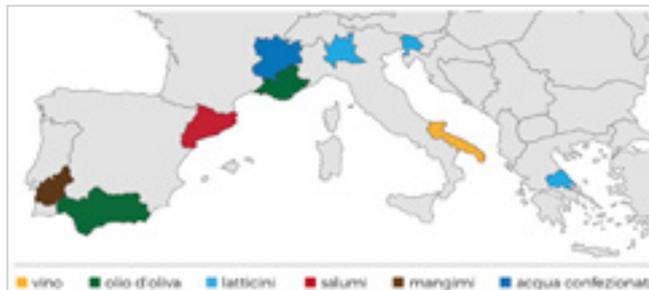
# PEFMED: Metodi e strumenti per ridurre l'impronta ambientale e socio-economica delle filiere agroalimentari

**A**ccrescere la sostenibilità delle filiere agroalimentari mediterranee attraverso la promozione di interventi di eco-innovazione di sistema su sei prodotti di largo consumo: olio d'oliva in Francia e Spagna, vino e formaggio in Italia, Slovenia e Grecia, mangimi in Portogallo, salumi in Spagna e acqua in bottiglia in Francia. È l'obiettivo del progetto europeo "PEFMED (Uptake of the Product Environmental Footprint across the MED agrifood regional productive systems to enhance innovation and market value) coordinato da ENEA e finanziato dal Programma Interreg MED, per la transizione verso un modello di produzione orientato alla PEF (Product Environmental Footprint), una metodologia comune per valutare l'impronta ambientale dei prodotti nel loro ciclo di vita e favorire una produzione ecosostenibile e competitiva.

In parallelo alla metodologia PEF, sono stati analizzati alcuni indicatori socio-economici relativi a diritti umani, condizioni di lavoro, salute e sicurezza, patrimonio culturale, governance e impatti socio-economici sul territorio. Dopo aver valutato le prestazioni ambientali e socio-economiche dei prodotti, sono state identificate le soluzioni tecnologiche e gestionali più efficaci per migliorare l'impronta ambientale e socio-economica lungo la filiera.

Grazie al supporto dei cluster territoriali e dei referenti regionali delle Smart Specialization Strategies (S3) le soluzioni sono state analizzate in relazione agli strumenti di politica economica disponibili, per sviluppare il "sustainable business plan", che contiene le strategie di eco-innovazione e di marketing che l'azienda può percorrere. Infine sono stati realizzati pacchetti formativi indirizzati a nuove filiere agroalimentari ed iniziative di trasferimento e disseminazione.

Nell'insieme sono state raccolte oltre 60 best practices e sviluppati strumenti per effettuare studi PEF semplificati, disponibili insieme ai principali risultati della fase pilota sul sito del progetto.



Program co-financed by the European Regional Development Fund



## Partner industriali e di ricerca

Federalimentare Servizi (Italia), Associazione delle Industrie Alimentari (Francia), Federazione delle Industrie Alimentari e delle Bevande (Spagna), Federazione delle Industrie Agro-alimentari (Portogallo), Federazione delle Industrie Alimentari (Grecia), Camera di Commercio e dell'Industria (Slovenia), DNV GL (Spagna) e Centro Tecnologico per l'industria agroalimentare (Francia)

## Laboratori e Centri ENEA

Laboratorio Valorizzazione delle Risorse nei Sistemi Produttivi e Territoriali (coordinatore) dei centri di Bologna e Portici, e Laboratorio Sostenibilità, Qualità e Sicurezza delle Produzioni Agroalimentari (centri di Casaccia e Brindisi) - Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali

## Referenti tecnici

Caterina Rinaldi  
caterina.rinaldi@enea.it  
Nicola Colonna  
nicola.colonna@enea.it

## Finanziamento Progetto

2.438.360 euro

ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione  
enea.it

Stampa Laboratorio Tecnografico  
Centro Ricerche ENEA Frascati  
Febbraio 2023



[enea.it](http://enea.it)