

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-2021 DELLA RICERCA DI SISTEMA  
ELETTRICO NAZIONALE**

**Presentazione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26  
gennaio 2000**

**1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali**

**Durata: 36 mesi**

<b>ENTI</b>	
<b>Affidatario</b>	<b>Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile</b>
<b>Cobeneficiario 1</b>	<b>Centro Interuniversitario per l'innovazione Tecnologica e lo Sviluppo del Territorio</b>
<b>Cobeneficiario 2</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento</b>
<b>Cobeneficiario 3</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali dell'Università di Bologna</b>
<b>Cobeneficiario 4</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università di Napoli Federico II</b>
<b>Cobeneficiario 5</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini" dell'Università degli Studi di Roma 2</b>
<b>Cobeneficiario 6</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Messina</b>
<b>Cobeneficiario 7</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Salerno</b>
<b>Cobeneficiario 8</b>	<b>Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia de L'Aquila</b>
<b>Cobeneficiario 9</b>	<b>Dipartimento di Scienze dell'Università degli Studi Roma Tre</b>
<b>Cobeneficiario 10</b>	<b>Dipartimento Energia del Politecnico di Torino</b>
<b>Cobeneficiario 11</b>	<b>Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università di Udine</b>
<b>Cobeneficiario 12</b>	<b>Politecnico di Milano</b>
<b>Cobeneficiario 13</b>	<b>Università degli Studi di Firenze</b>
<b>Cobeneficiario 14</b>	<b>Università degli Studi di Roma La Sapienza</b>

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Dati generali	pag. 1 / 2
-------------------------------	---	---------------	------------

## DATI GENERALI DEL PROGETTO

Titolo del progetto: **1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali**

Durata in mesi: **36**

## ENTI

Nome dell' Affidatario: ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Nome del Cobeneficiario (1): CINTEST - Centro Interuniversitario per l'innovazione Tecnologica e lo Sviluppo del Territorio

Nome del Cobeneficiario (2): DICAM-TN - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento

Nome del Cobeneficiario (3): DICAM-BO - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali dell'Università di Bologna

Nome del Cobeneficiario (4): DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università di Napoli Federico II

Nome del Cobeneficiario (5): UNIROMA2 - Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini" dell'Università degli Studi di Roma 2

Nome del Cobeneficiario (6): UNIME - Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Messina

Nome del Cobeneficiario (7): DIIN-UNISA - Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Salerno

Nome del Cobeneficiario (8): DIIEUNIVAQ - Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia de L'Aquila

Nome del Cobeneficiario (9): UNIROMA3 - Dipartimento di Scienze dell'Università degli Studi Roma Tre

Nome del Cobeneficiario (10): DENERG - Dipartimento Energia del Politecnico di Torino

Nome del Cobeneficiario (11): DPIA-UNIUD - Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università di Udine

Nome del Cobeneficiario (12): POLIMI - Politecnico di Milano

Nome del Cobeneficiario (13): UNIFI - Università degli Studi di Firenze

Nome del Cobeneficiario (14): UNIROMA1 - Università degli Studi di Roma La Sapienza

## COSTO

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Dati generali	pag. 2 / 2
-------------------------------	--	------------------	------------

Costo complessivo del progetto:

**€ 8.506.370,01**

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 1 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

## DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### Abstract del progetto

#### *(in lingua italiana)*

Tutti i Paesi sviluppati affrontano una grande sfida: far crescere le loro economie in modo sostenibile. La domanda di energia nel mondo è infatti in crescita e il settore industriale, responsabile del 30% dei consumi globali di energia elettrica, gioca in questo un ruolo fondamentale. L'incremento di efficienza energetica a parità di volumi di produzione risulta strategico al fine di conservare un margine di competitività a livello mondiale. È quindi estremamente importante conoscere, sviluppare e implementare diverse tecnologie e metodologie per l'efficienza energetica, e saper correttamente valutare i relativi costi e benefici, per promuovere il miglioramento delle modalità di consumo energetico senza compromettere la crescita economica.

Saranno condotte attività sull'etichettatura energetica e l'ecodesign dei prodotti connessi all'energia nei settori industriale, professionale e domestico, tematica per cui ENEA, già impegnata nel supporto al MISE, si concentrerà sulla sorveglianza del mercato di questi prodotti, attraverso la definizione di metodologie e l'analisi dei dati.

Altra tematica che verrà affrontata è quella della riqualificazione delle costruzioni residenziali, che presentano un alto potenziale di efficientamento (oltre il 25% degli edifici registra consumi medi annuali nel range 160-220 kWh/m<sup>2</sup>\*a). Il progetto vuole trovare una soluzione a tale condizione abbattendo le barriere esistenti all'implementazione di progetti di riqualificazione attraverso soluzioni di tipo modulare (Off-Site Construction) in grado di garantire contemporaneamente tempi rapidi, realizzazione in presenza di abitanti, limitazioni di polveri nell'aria e costi contenuti.

ENEA propone in questo tema anche attività relative allo sviluppo di sistemi innovativi da utilizzare nell'implementazione della "Magnetic Induction Swing Adsorption", tecnologia separativa nuova, smart ed energeticamente efficiente basata sulla possibilità di modulare la rigenerazione dei supporti adsorbenti mediante uno stimolo esterno elettromagnetico. Allo scopo saranno sviluppati e caratterizzati materiali compositi magnetici a elevata porosità ovvero frameworks organici o metallorganici contenenti nanoparticelle magnetiche.

Saranno inoltre oggetto di studio i processi produttivi di industrie altamente energivore quali la produzione di ferro, acciaio e cemento, che hanno già raggiunto livelli di efficienza molto elevati nell'uso delle risorse, ma che presentano potenziali ulteriori di miglioramento per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>. Una riduzione sostanziale dell'anidride carbonica emessa dagli impianti industriali, non essendo conseguibile attraverso migliori tecnologie di processo, richiede l'implementazione di tecnologie per la cattura e uso della CO<sub>2</sub>.

Sarà realizzato uno strumento di supporto alle decisioni per facilitare le aziende nella valutazione del recupero di calore a bassa temperatura, e quindi incrementare il tasso di penetrazione delle tecnologie disponibili e ridurre la quantità di calore di scarto. Verrà creato un software con un'interfaccia semplice e al tempo stesso customizzata per specifici settori che sarà corredato da un database di progetti di recupero esistenti utile per la creazione di business case.

Saranno svolte attività di valorizzazione della significativa banca dati costituita dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA a seguito del D.Lgs. 102/2014. Saranno determinati indici di riferimento affidabili per il settore produttivo manifatturiero focalizzandosi sui settori maggiormente energivori. Le informazioni derivanti dall'analisi dei dati verranno arricchite per i principali settori manifatturieri da caratterizzazioni dei processi produttivi.

Sarà infine condotto un focus sugli impianti di depurazione delle acque mettendo a punto strumenti in grado di favorire la loro conversione in strutture in grado di assicurare il recupero di risorse e principalmente di energia elettrica e termica, garantendo la qualità degli effluenti.

### Abstract del progetto

#### *(in lingua inglese)*

All developed countries are facing a major challenge: to grow their economies sustainably. The world's energy demand is increasing and the industrial sector, which accounts for 30% of global electricity consumption,

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 2 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

plays a key role in this. Increasing energy efficiency at the same production rate is strategic in order to keep being competitive on the global market. It is therefore extremely important to know, develop and implement different technologies and methodologies for energy efficiency, and to be able to correctly assess related costs and benefits, in order to promote the improvement of energy consumption methods without compromising the economic growth.

Activities will be carried out on energy labelling and eco-design of energy-related products in the industrial, professional and domestic sectors. In this topic ENEA, already involved in providing support to MISE, will focus on market surveillance through the definition of methodologies and data analysis.

Another issue that will be addressed is the deep renovation of residential buildings, which has a high potential for efficiency (more than 25% of buildings have average annual consumption in the range of 160-220 kWh/m<sup>2</sup>\*y). The project aims to find a solution to this condition by breaking down the existing barriers to the implementation of deep renovation projects through modular solutions (Off-Site Construction) able to ensure fast implementation, reduced inconvenient for inhabitants, dust limitations and low costs.

In this project, ENEA also proposes activities relating to the development of innovative systems to be used in the implementation of the "Magnetic Induction Swing Adsorption", a new, smart and energy-efficient separation technology based on the possibility of modulating the regeneration of adsorbent supports by means of an external electromagnetic stimulus. For this purpose, magnetic composite materials with high porosity or organic and metallorganic frameworks containing magnetic nanoparticles will be developed and characterized.

The production processes of highly energy-intensive industries such as the production of iron, steel and cement, which have already reached very high levels of efficiency in the use of resources, but with potential for further improvement in terms of CO<sub>2</sub> emissions, will also be studied. A substantial reduction in the carbon dioxide emitted by industrial plants, which cannot be achieved through better process technologies, requires the implementation of technologies for the capture and use of CO<sub>2</sub>.

A decision support tool will be developed to facilitate companies in assessing low temperature heat recovery, and thus increase the penetration rate of available technologies and reduce the amount of waste heat. A software will be created with a simple interface and customized for specific sectors that will be completed by a database of existing recovery projects useful for the creation of business cases.

Activities will be carried out to extract value out of the significant database consisting of energy audits received by ENEA following Legislative Decree no. 102/2014. Reliable reference indices for the manufacturing sector will be determined, focusing on the most energy-intensive sectors. The information deriving from the data analysis will be enriched for the main manufacturing sectors by characterizations of the production processes.

Finally, a focus will be placed on water purification plants, developing tools to encourage their conversion into structures capable of ensuring the recovery of resources and, above all, of electrical and thermal energy, guaranteeing the quality of the effluent discharged.

### **Attività svolte nel triennio precedente**

Nel precedente triennio sono state svolte attività che vedono una naturale continuazione o un'affinità contenutistica e/o metodologica con alcune delle attività inserite nei seguenti WP della presente proposta: WP1 (progetto D3), WP3 (progetto D3 e B2), WP4 (progetto D3), WP5 (progetto D7). Per quanto riguarda il WP2, tutte le linee di attività presentano una proposta completamente originale.

Per quanto riguarda il WP1 il triennio precedente ha visto l'ENEA impegnata nella definizione di politiche di efficienza energetica, principalmente relative a etichettatura ed ecodesign, per i prodotti connessi all'energia nei settori industriale, professionale e domestico. L'ENEA ha fornito supporto al MISE per la negoziazione con la Commissione Europea e gli Stati Membri, svolgendo anche azioni di monitoraggio dell'applicazione dell'etichettatura energetica nei punti vendita e di miglioramento dell'efficacia della sorveglianza del mercato a protezione dei consumatori e dei produttori nazionali. Sono stati infine predisposti nuovi standard mondiali per le prestazioni degli apparecchi del lavaggio nei settori domestico e professionale.

Per quanto riguarda il WP3 sono state condotte nel triennio precedente alcune attività relative allo sviluppo di catalizzatori magnetici per l'efficientamento di processi chimici industriali. Tali attività costituiscono in parte il punto di partenza dell'attività proposta, in quanto hanno consentito al gruppo di lavoro ENEA di maturare una consistente esperienza relativa allo sviluppo di materiali magnetici attivabili mediante induzione in grado di

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 3 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

catalizzare reazioni di reforming e fornire in situ il calore necessario maturata dal gruppo di lavoro ENEA, oltre che di realizzare un banco di prova per lo studio di reazioni chimiche alimentate mediante induzione che può essere opportunamente implementato per lo studio di adsorbimento e desorbimento di gas. Inoltre, è stato progettato e realizzato un reattore a letto fluido bollente per la dimostrazione di processi di produzione di H<sub>2</sub> intensificati attraverso la cattura della CO<sub>2</sub> per mezzo di materiale granulare, e sono stati formulati modelli per lo studio dell'integrazione di cicli Calcium Looping con processi PowerToGas per la decarbonizzazione dell'industria di processo.

Per quanto riguarda il WP4, a seguito della raccolta di una notevole mole di dati derivanti dalle diagnosi energetiche realizzate e inviate nel 2015 da grandi aziende e aziende energivore in ottemperanza al D.Lgs. 102/2014, è stato intrapreso uno studio atto a valorizzare le informazioni ottenibili dall'analisi di tali dati. Tale analisi ha riguardato alcuni settori produttivi, tra i quali: carta, siderurgia, ceramica, vetro, plastica, gomma; per tali settori, ENEA ha individuato i principali indici di prestazione energetica. L'esperienza e gli strumenti sviluppati nel corso delle attività svolte nello scorso triennio consentiranno di incrementare il valore e la quantità delle informazioni ottenibili dall'analisi dei dati della nuova raccolta (2019), aumentandone chiarezza, dettaglio e omogeneità.

Per quanto riguarda il WP5 nello scorso triennio è stato sviluppato un approccio "smart water" per la gestione ottimizzata del ciclo idrico integrato in ambito urbano. È stata proposta una metodologia per l'ottimizzazione del sistema di drenaggio urbano e per la gestione dell'evento meteorico durante il suo verificarsi mirata alla protezione delle aree urbane e basata su sistemi di Early Warning, sistemi di modellazione numerica e di Real Time Control e applicazione di Nature Based Solutions. Sono state inoltre poste le basi per definire procedure per la classificazione energetica degli impianti di depurazione e per la valutazione di misure finalizzate alla riduzione dei consumi energetici in ottica ZeroEnergyPlant, che nel presente triennio saranno ampliate con dati di letteratura e sperimentali, oltre che implementate su strumenti software.

### **Inquadramento del Progetto nello stato dell'arte**

*Stato dell'arte nazionale e internazionale relativamente alle attività previste dalla proposta di progetto*

Il progetto si inserisce in un contesto di ricerca nazionale e internazionale molto prolifico soprattutto nell'ultimo decennio. Sono stati individuati una serie di ambiti di ricerca promettenti per il futuro, focalizzati sulla definizione di politiche per l'assicurazione dell'efficienza energetica dei prodotti, sullo sviluppo di metodologie per l'efficienza energetica e sul perfezionamento di tecnologie più efficienti.

Per quanto riguarda le politiche di efficienza energetica per i prodotti connessi all'energia nei settori industriale, professionale e domestico (relative principalmente all'etichettatura energetica e alle pratiche di ecodesign), gli studi si sono concentrati sull'individuazione di metodologie per la sorveglianza del mercato e sull'analisi dei dati relativi alla presenza delle etichette sui modelli di apparecchi presenti nei punti vendita, fondamentale per contrastare l'immissione sul mercato di prodotti non conformi. L'ENEA è il principale ente di ricerca attivo in Italia in questo ambito, e riveste anche un ruolo istituzionale di supporto al MISE e di confronto con le altre realtà europee.

Considerando un approccio gestionale all'efficientamento, un settore che appare particolarmente promettente è il settore delle costruzioni. Recenti ricerche hanno fatto emergere l'edilizia off-site (OSC) come un promettente approccio ai processi di produzione e gestione dell'ambiente costruito in grado di garantire più elevati standard di efficienza, qualità e sicurezza. Sono state confrontate le prestazioni dell'OSC e dei metodi di costruzione convenzionali in termini di costo, di prestazioni energetiche e di sostenibilità complessiva del processo, evidenziando, anche grazie a prime applicazioni sperimentali, un buon potenziale in termini di risultati e applicabilità. Il mercato offre attualmente diverse soluzioni modulari di facciata, ma la loro diffusione è ostacolata da barriere conoscitive, gestionali ed economiche, legate ad una scarsa conoscenza e standardizzazione del processo di produzione e cantierizzazione. Inoltre, la contestualizzazione dell'utilizzo di tali soluzioni per la riqualificazione del parco immobiliare italiano presenta alcune lacune relative alla verifica del rispetto dei requisiti minimi in termini di prestazioni finali e di garanzia dell'integrità del sistema a fronte di eventi sismici.

Adottando un punto di vista più trasversale rispetto ai settori produttivi è invece evidente come il recupero di calore di scarto industriale rappresenti una delle possibilità più concrete per la riduzione del consumo energetico primario. Il tasso di implementazione dei progetti di recupero di calore è basso, nonostante la

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 4 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

maturità tecnologica e l'elevata quantità di calore inutilizzato, date le barriere di natura organizzativa, comunicativa e finanziaria. Il recupero di calore a bassa temperatura richiede in particolare la definizione di opportune metodologie di ottimizzazione che consentano di analizzare i flussi di energia ed ottimizzare la rete degli scambiatori di calore. Nessuna metodologia esistente permette di indagare processi di recupero complessi, che prevedano anche la conversione del calore di scarto in altre forme di energia. Attualmente non esistono strumenti di ottimizzazione globale che considerano l'integrazione tra rete di scambiatori e tecnologie di conversione del calore.

Altro grande campo di studi nell'ambito delle metodologie per l'efficienza energetica in industria è quello del benchmarking delle prestazioni energetiche. Sebbene infatti siano state sviluppate diverse metodologie per confrontare le prestazioni energetiche di processi produttivi simili, la maggior parte rimangono basate su dati teorici e su simulazioni, data la grande difficoltà spesso manifestata da ricercatori ma anche dalle stesse aziende di raccogliere dati che siano affidabili e allo stesso tempo in quantità tali da consentire analisi di settore significative. Le basi di dati sono spesso esigue o non disponibili, e i benchmark risultanti tendono ad avere dei campi di esistenza troppo ampi per risultare utilizzabili da parte delle aziende.

Da un punto di vista più prettamente tecnologico, il processo di separazione/purificazione delle materie prime è stato identificato come uno dei più energivori, rappresentando circa il 15% del consumo globale di energia e fino al 40-50% dell'energia di processo in molti cicli produttivi dell'industria chimica e petrolchimica. Attualmente, le separazioni sono eseguite mediante distillazione criogenica, processi a membrana e processi di assorbimento. Una valida alternativa ancora poco esplorata per la separazione di molecole gassose, e quindi per il processo di rigenerazione dei sorbenti, è la separazione per adsorbimento che basandosi su interazioni deboli di molecole con substrati solidi.

Per quanto riguarda l'industria siderurgica e del cemento, invece, esistono diversi progetti europei e italiani focalizzati sullo sviluppo di tecnologie per la decarbonizzazione della produzione di acciaio e ferro attraverso diverse tecniche quali il Top Gas Recycling, la calcinazione dei minerali a base di calcio attraverso il calore rilasciato da un processo di combustione in camera separata o l'applicazione di un processo di cattura basato su materiale a base di calcio e sulla rigenerazione attraverso processi ossi-combustivi.

Infine, un settore di interesse è quello del trattamento acque reflue, che in Europa risulta ancora fortemente dissipativo, con un consumo medio di 30 kWh/Abitante Equivalente/anno. Sono state sviluppate apparecchiature, processi, logiche sempre più attenti al risparmio energetico, evidenziando la potenzialità di convertire gli impianti di depurazione in vere e proprie fabbriche di energia e di risorse. Per favorire la conversione degli impianti si rende necessaria l'introduzione di strumenti semplici ed efficaci per la classificazione energetica e la valutazione dei margini di valorizzazione anche in un'ottica di distretto territoriale.

#### *Obiettivi scientifici e tecnologici e progressi attesi rispetto allo stato dell'arte*

L'obiettivo del progetto consiste nella realizzazione di strumenti e metodologie per la promozione e la diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica, incrementando l'impatto di misure di efficientamento note alla comunità scientifica ma in molti casi poco esplorate da un punto di vista ingegneristico, e che presentano notevoli barriere alla diffusione di tipo conoscitivo, gestionale ed economico. Verrà curato non solo lo sviluppo di tecnologie chiave per l'efficienza in industria, ma anche il loro inserimento nell'ambiente aziendale.

Si pianifica di raggiungere tale obiettivo attraverso lo sviluppo di diverse linee di attività, articolate in modo tale da coprire sia una fase più sperimentale di sviluppo/ingegnerizzazione di tecnologie più efficienti sia una fase più vicina all'implementazione in ambiente industriale di tecnologie efficienti attraverso lo sviluppo di strumenti e metodologie per l'ottimizzazione e l'efficientamento.

Per quanto riguarda la seconda fase, gli obiettivi principali sono: (i) l'incremento della sorveglianza del mercato per quanto riguarda i nuovi, sempre più ambiziosi requisiti di efficienza energetica dei prodotti connessi all'energia e una più efficace cooperazione internazionale sul tema dell'etichettatura energetica e dell'ecodesign; (ii) la definizione di un catalogo di configurazioni costruttive standard per soluzioni di facciata da realizzare in modalità off-site che, attraverso la raccolta e diffusione di informazioni chiave relative alle modalità costruttive e alle prestazioni di tali configurazioni, ne agevoli la scelta da parte degli utenti finali, consentendo di accedere alla riqualificazione degli immobili con costi e tempi di realizzazione ridotti; questo

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 5 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

consentirebbe di colmare in buona parte i gap conoscitivi, gestionali ed economici legati alla più ampia diffusione sul mercato di questa tecnica costruttiva; (iii) la creazione di strumenti di supporto alle decisioni per l'incremento della diffusione dei progetti di recupero di calore nel settore industriale; considerando le stime di calore di scarto industriale disponibile in Italia pari a 26 TWh/anno (fonte GSE, 2016), questo consentirebbe un risparmio economico per le aziende, con ricadute positive in termini di impatto ambientale; (iv) la definizione di una rappresentazione il più affidabile possibile del settore produttivo italiano attraverso la creazione di indici specifici di riferimento per l'efficienza energetica raccolti in un documento strutturato che permetta sia al decisore aziendale che a quello politico di effettuare analisi di confronto e di scenario affidabili. Per quanto riguarda invece la prima fase, gli obiettivi principali sono: (i) lo sviluppo di una nuova tecnologia separativa a migliorata efficienza energetica, MISA (Magnetic Induction Swing Adsorption), basata sull'impiego di materiali porosi a base di networks metallorganici e loro compositi con nanoparticelle ferromagnetiche responsivi a uno stimolo elettromagnetico (MFC-Magnetic framework composites); (ii) lo studio di un processo integrato in industrie ad alte emissioni di carbonio (e.g. cemento, acciaio e ferro) che sia in grado di poter stoccare eccessi di energia e materia (e.g. CO<sub>2</sub>, scorie); (iii) il supporto agli attori del settore della depurazione (gestori di reti e impianti, decisori, regolatori) attraverso la creazione di strumenti semplici ed efficaci per valutazioni energetiche e di sostenibilità, nonché la raccolta e analisi di dati operativi relativi a tecnologie innovative, prototipi e case-studies; in particolare, le attività saranno focalizzate sullo sviluppo di strumenti software innovativi per la classificazione energetica e l'analisi di scenario degli impianti di depurazione in un'ottica di distretto territoriale, nonché per la modellazione di processi depurativi finalizzata all'efficientamento energetico degli impianti e alla valutazione degli stessi in termini di indicatori di circolarità e sostenibilità.

#### *Eventuali collegamenti con altri progetti/soggetti relativamente alle attività previste dalla proposta di progetto*

Viste le tematiche di interesse, le attività presentano connessioni con diversi progetti nazionali e internazionali, apportando in ogni caso un significativo e originale contributo alle tematiche trattate.

Per il WP1, si evidenziano due progetti europei H2020 in corso che vedono impegnato ENEA come partner: "EEPLIANT3-Energy Efficiency Compliant Products3", nel quale è prevista un'azione di sorveglianza multi-prodotto, e "ANTICSS-Anti-Circumvention of Standards for better market Surveillance", sull'identificazione, definizione e la valutazione del rischio di elusione nella legislazione e relative norme. Entrambi sono complementari alle attività del presente progetto: il trasferimento dei risultati permetterà di rendere le azioni del PTR in linea con lo stato dell'arte europeo e di evitare sovrapposizioni, come la duplicazione delle prove di laboratorio.

Per il WP2 si segnala il progetto "COOL\_IT" (in corso), in Ricerca di Sistema parte B, guidato da ITALCEMENTI con ENEA come partner scientifico, che prevede lo sviluppo di Cool Materials innovativi per applicazioni a scala urbana e di edificio. Si tratta di materiali ad elevata riflettanza da applicare a facciate e coperture con sistemi veloci quali miscele da spruzzare sull'esistente o pannelli prefabbricati a matrice cementizia che consentono l'abbattimento dei consumi legati alla climatizzazione. Si evidenziano anche affinità anche con una call H2020 attiva ("Industrialisation of building envelope kits for the renovation market"), per cui si prevede di mettere in atto azioni per monitorare, durante lo svolgimento del progetto, possibili sinergie e risultati prodotti dai progetti che verranno finanziati.

Per il WP3, relativamente alla decarbonizzazione della produzione di acciaio e ferro, si evidenziano punti di contatto con il progetto europeo "Ulcoss" (concluso), che è stato uno dei maggiori progetti per la decarbonizzazione della produzione di acciaio e ferro e ha dimostrato la decarbonizzazione del ciclo integrato BF-BOF attraverso la tecnica del TGR (Top Gas Recycling), la decarbonizzazione di un processo di riduzione diretta e di riduzione per fusione, con il progetto europeo "Leilac" (in corso), che mira alla decarbonizzazione del processo di produzione del clinker, mentre a livello italiano con il progetto "Cleanker" (in corso), che mira all'applicazione di un processo di cattura basato su materiale a base di calcio e sulla rigenerazione attraverso processi ossi-combustivi. Relativamente allo sviluppo di strumenti di supporto alle decisioni per la valutazione e l'implementazione di progetti di recupero di calore industriale, si evidenzia come il tema sia al centro di discussioni nei tavoli di lavoro organizzati dall'IEA (es. nell'Annex XV dell'IETS "Industrial Excess Heat Recovery") e anche dell'interesse della Commissione Europea, come dimostrato da una call H2020 attiva dal titolo "Business case for industrial waste heat/cold recovery", per cui si prevede di mettere in atto azioni per

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 6 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

monitorare, durante lo svolgimento del progetto, possibili sinergie e risultati prodotti dai progetti che verranno finanziati.

Per il WP3 e il WP4 esistono affinità con altre attività proposte nel PTR da RSE, che verranno descritte in dettaglio nel seguito.

Per il WP5 le attività partiranno dagli output del progetto D7 dello scorso PAR. Il software sviluppato verrà integrato con lo strumento di analisi di scenario energetico sviluppato da ENEA nel progetto "REEF2W" (EU Interreg) e attualmente supportato da un database riferito a impianti principalmente tedeschi. Per l'ottimizzazione energetica della linea fanghi saranno sviluppate le tecnologie studiate nell'ambito del progetto "+GAS", mentre per i sistemi di trattamento terziario sarà favorita l'integrazione con le attività del progetto "VALUE CE-IN" (entrambi POR-FESR 2014-2020 Emilia-Romagna). Saranno inoltre garantiti collegamenti con la Piattaforma Italiana per l'Economia Circolare e la Piattaforma Italiana del Fosforo.

#### *Bibliografia stato dell'arte*

Presente in allegato

#### **Obiettivi e risultati**

##### *Obiettivi finali del progetto*

L'obiettivo del progetto è la realizzazione di strumenti e metodologie per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica, allo scopo di favorire il mercato di prodotti più performanti sia a livello di componenti sia a livello di sistemi energetici e contribuire alla riduzione della bolletta energetica nazionale aumentando la competitività del settore produttivo rispetto ai mercati internazionali. Al fine di garantire una visione completa del settore industriale e tenere adeguatamente conto delle variegate esigenze, il progetto presenta un doppio orientamento, da un lato sperimentale e dall'altro applicativo e quindi più vicino all'utente finale (le aziende italiane), in modo tale da operare senza perderne di vista le caratteristiche e le specifiche esigenze.

Per quanto riguarda le attività più applicative, gli obiettivi che del progetto sono: (i) promuovere uno sviluppo tecnologico in linea con i target comunitari, proteggere l'industria dalla concorrenza sleale delle importazioni di prodotti non-conformi a basso prezzo, assicurare il consumatore-utente del sistema elettrico nazionale sulle reali prestazioni energetiche, funzionali e dell'efficienza dei materiali dei prodotti acquistati e supportare il Paese nel raggiungimento degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica pianificati in risposta agli obblighi comunitari; (ii) elaborare e diffondere soluzioni tecniche integrate ed economicamente sostenibili per la riqualificazione di edifici esistenti, in grado di garantire rapidità, semplicità di messa in opera e durabilità, ottimizzando il processo produttivo e la fase di cantierizzazione con lo scopo di abbattere i costi di produzione, i costi legati alla fase di realizzazione (occupazione suolo pubblico, ponteggio, giorni/uomo) e di ridurre i disagi per l'utente (spostamenti, polveri, rumori); (iii) fornire strumenti di supporto alle decisioni per una maggiore diffusione dei progetti di recupero del calore attraverso un software semplice che massimizzi il valore totale delle tecnologie di recupero disponibili e dei flussi di calore fornendo anche supporto per giustificare gli investimenti da un punto di vista finanziario ed economico e per migliorare il dialogo tra le varie funzioni aziendali; (iv) valorizzare la significativa banca dati costituita dalle diagnosi energetiche ai sensi del D.Lgs. 102 (solo nel quadriennio 2015-2018 sono giunte circa 16.000 diagnosi energetiche e se ne attendono altrettante con la nuova scadenza 2019) definendo gli indici di prestazione energetica dei principali settori produttivi ed energy consuming italiani, valutandone il livello di maturità e individuando i potenziali di risparmio energetico e la fattibilità tecnico-economica dei principali interventi effettuati e proposti.

Per quanto riguarda le attività più sperimentali, gli obiettivi sono i seguenti: (i) il design, la sintesi e il testing funzionale di un materiale composito a base di metal organic framework e nanoparticelle magnetiche e il design della componente magnetica ai fini dell'ottimizzazione delle capacità di riscaldamento alimentato mediante induzione elettromagnetica e del miglioramento della cinetica di rilascio delle molecole adsorbite; (ii) la definizione e valutazione degli indici prestazione per l'ottimizzazione del processo di decarbonizzazione, la sintesi e caratterizzazione di materiali avanzati per la separazione di gas, l'accumulo di eccessi di energia e la

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 7 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

valorizzazione del carbonio; (iii) l' applicazione dei paradigmi e delle logiche dell'economia circolare al settore del trattamento delle acque reflue, proponendo soluzioni innovative volte a migliorare la sostenibilità economica, ambientale e sociale e migliorando il bilancio energetico degli impianti di depurazione italiani, fino a raggiungere in alcuni casi un bilancio energetico positivo.

#### *Principali risultati attesi*

1. Risultati sperimentali dalla campagna di sorveglianza del mercato nazionale ed europeo per la riduzione dei prodotti non conformi;
2. Metodologia per il design degli apparecchi più tecnologicamente avanzati per garantire il rispetto dei requisiti minimi di ecodesign e raggiungere le classi di efficienza più elevate;
3. Catalogo di soluzioni off-site per la riqualificazione di edifici esistenti comprensivo di valutazione delle performance energetiche ed economiche come risultato delle attività di ricerca;
4. Metodologia per l'ottimizzazione del processo produttivo off-site di soluzioni modulari per l'isolamento delle facciate;
5. Metodologia e prototipo di strumento software per la valutazione e selezione delle soluzioni modulari da catalogo in base alla tipologia costruttiva e alle esigenze specifiche dell'utente finale;
6. Dimostratore (prototipo) per la valutazione delle prestazioni di alcune delle soluzioni modulari di isolamento delle facciate;
7. Prototipo di edificio equipaggiato con soluzioni modulari per l'isolamento delle facciate per la valutazione delle prestazioni e della fase di cantierizzazione;
8. Design del materiale magnetico a elevata porosità ottimizzato per il processo separativo selezionato;
9. Risultato dello sviluppo dei materiali magnetici a elevata porosità mediante diverse metodologie di sintesi (stato solido, fase liquida, blending dei componenti) e valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei processi utilizzati;
10. Definizione della capacità separativa e ottimizzazione della cinetica di rilascio modulata attraverso tecnologia MISA in paragone a riscaldamento convenzionale;
11. Risultati dello sviluppo di materiali a base di calcio a basso impatto ambientale ed economico idonei per la cattura della CO<sub>2</sub> e l'accumulo termochimico degli eccessi di energia;
12. Metodo di sintesi ottimale per ottenere catalizzatori per processi PAC (Plasma-Assisted Catalysis) a basso costo ed impatto ambientale resistenti alla disattivazione;
13. Banco di prova a doppio letto fluido per la dimostrazione tecnica del processo di carbonatazione e calcinazione di un materiale granulare a base di calcio;
14. Prototipo di software contenente strumenti di supporto per la valutazione costi-benefici delle opportunità di recupero di calore a bassa temperatura, validato e testato sul campo in diversi settori, e caratterizzato da modularità e scalabilità rispetto alle esigenze aziendali;
15. Banca dati contenente informazioni sui progetti di recupero del calore di scarto a bassa temperatura già realizzati, che servirà da un lato da strumento di generazione di idee, informando le imprese sulle opportunità di recupero del calore di scarto, e dall'altro fornirà dati utili per la definizione di business case;
16. Studio e analisi dei dati per la caratterizzazione energetica dei principali settori merceologici fortemente energivori;
17. Formulazione e analisi dei principali indici di prestazione energetica di sito e delle principali fasi dei processi produttivi, con valutazione del potenziale di risparmio;
18. Metodologia per la valutazione della maturità energetica delle imprese e analisi dell'evoluzione della maturità di un campione di imprese nel periodo 2015-2019;
19. Prototipo di uno strumento informatico per la rendicontazione dei consumi energetici aziendali;
20. Prototipo di uno strumento web per l'autovalutazione della maturità energetica da parte delle imprese;
21. Prototipo di strumento informatico di valutazione per i gestori del servizio idrico integrato, comprendente: software per la classificazione energetica e per la analisi di scenario, simulatore di processi innovativi, strumenti e modelli per l'efficientamento degli impianti, strumenti per la valutazione di vantaggi conseguibili tramite tecnologie per il recupero termico dai reflui;
22. Prototipo di impianto di depurazione acque in scala pilota e laboratorio per l'ottimizzazione delle tecnologie di depurazione.

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 8 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

### *Diffusione risultati*

I risultati prodotti dalle attività di ricerca saranno effettuati tramite il canale istituzionale del sito web, in cui saranno pubblicati e resi scaricabili i rapporti tecnici; sono inoltre previste e programmate altre iniziative di disseminazione, fra cui:

- pubblicazioni ed articoli sulla stampa, generica e specializzata;
- elaborazione di rapporti tecnici con informazioni e dettagli per specialisti del settore
- elaborazione di testi e strumenti informativi a carattere divulgativo per un pubblico più vasto;
- organizzazione di eventi (workshop, seminari, manifestazioni espositive) il più possibile distribuiti sul territorio nazionale, sia per illustrare i risultati nella loro totalità, sia per argomenti specifici;
- individuazione dei destinatari principali delle ricerche e, di conseguenza, maggiormente interessati a conoscerne e utilizzarne i risultati, nonché le modalità e gli strumenti per raggiungerli e interessarli.

Per favorire una migliore comunicazione dei risultati verso gli operatori del settore, saranno organizzati convegni e seminari didattici rivolti ad associazione di categoria e/o professionali.

Per favorire la diffusione dei risultati all'interno della comunità scientifica internazionale, si porrà particolare attenzione alla pubblicazione di articoli scientifici su riviste di rilievo e alla presentazione di memorie in conferenze di elevata rilevanza.

Infine, come ulteriore strumento di scambio di risultati, si continuerà con la partecipazione ad attività internazionali, fra cui si segnalano la partecipazione a gruppi di lavoro internazionali istituiti dalla Comunità Europea e patrocinati dall'International Energy Agency (IEA) e gruppi di lavoro nazionali, quali i comitati tecnici del CTI sulle tematiche affini il progetto di ricerca.

Il materiale prodotto (tecnico e divulgativo) sarà disponibile sul sito ENEA, a cui si rimanderà per tutte le informazioni dettagliate relative alle iniziative previste dal piano e finalizzate ad incrementarne l'interesse e il coinvolgimento.

### **TRL iniziale**

4

### **TRL finale**

6

### *Livelli di Maturità Tecnologica (TRL) secondo la Commissione Europea*

Il TRL di progetto va da un valore iniziale di 4 ("Technology validated in lab" per la Commissione Europea, ovvero "Tecnologia validata in laboratorio") ad un valore finale di 6 ("Technology demonstrated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies", ovvero "Tecnologia dimostrata in ambiente pertinente (ambiente pertinente a livello di settore industriale nel caso di tecnologie chiave abilitanti)").

I valori forniti si riferiscono all'intero progetto, e vengono necessariamente da un'azione di mediazione tra due differenti tendenze che connotano la proposta progettuale di ENEA per il Tema 1.6: una più vicina alla ricerca sperimentale di base, caratterizzata quindi da valori di TRL tendenzialmente più bassi, e una più vicina alla ricerca applicata in ambiente industriale, caratterizzata quindi da valori di TRL tendenzialmente più elevati. Benché la presenza di queste due tendenze distinte nello stesso progetto ne complichino in parte la gestione, introducendo problematiche e necessità differenti, si sottolinea come questa scelta favorisca il dialogo con il mondo dell'industria e l'allineamento del gruppo di lavoro verso una maggiore applicabilità dei risultati finali anche in quelle fasi della ricerca che sono tradizionalmente meno vicine all'industrializzazione dei prodotti.

Per le attività a TRL più alto (WP1, WP2, WP4), l'incremento del valore di TRL si concretizza attraverso la realizzazione di azioni finalizzate all'ottenimento di una maggiore penetrazione di tecnologie e metodologie sviluppate nel mercato e tra gli utenti finali (ad es. una maggiore e più corretta diffusione dell'etichettatura

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 9 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	-------------

energetica per i prodotti connessi all'energia, la realizzazione di uno strumento informatico per la fruizione del catalogo delle soluzioni modulari di facciata per la riqualificazione degli edifici esistenti, la creazione di un portale web per il benchmarking energetico delle aziende). Inoltre, sono previsti per queste attività dei tavoli di lavoro che saranno organizzati periodicamente e che includeranno rappresentanti industriali della domanda e dell'offerta delle tecnologie rilevanti con la finalità di avviare confronti costruttivi con i principali stakeholders e quindi di favorire l'implementazione in ambiente industriale dei risultati del progetto, recependo anche le necessità e i requisiti da loro espressi.

Per le attività più sperimentali, a TRL più basso (WP3, WP5), l'incremento del valore di TRL si concretizza invece attraverso l'ingegnerizzazione delle tecnologie di interesse e la realizzazione di prototipi adatti al test in ambiente industriale e in condizioni comparabili con quelle reali di funzionamento. A tale scopo saranno allestiti appositi banchi prova che permetteranno di ricreare le condizioni reali di utilizzo delle tecnologie realizzate, testarne le prestazioni in uso e dimostrarne le principali proprietà. Saranno inoltre realizzati prototipi che consentiranno l'esecuzione di prove e la validazione in ambiente rilevante di tecnologie e metodologie sviluppate.

### **Impatto sul sistema elettrico e benefici attesi**

#### *Impatto sul sistema elettrico nazionale*

L'attività di studio, ricerca e verifica sperimentale di tecnologie efficienti nei processi industriali consente di acquisire e diffondere informazioni tecnico-scientifiche a vantaggio del sistema produttivo, che se ne può giovare in termini di competitività contribuendo direttamente alla crescita economica del Paese, dei cittadini, che ne ricevono un beneficio in termini di riduzione della bolletta energetica nazionale e di miglioramento della sostenibilità ambientale, e del sistema elettrico, che vede da una parte una sostanziale riduzione dei carichi elettrici industriali e dall'altra la creazione di nuove potenziali fonti energetiche (ad es. da conversione in energia elettrica di calore di scarto o da recuperi negli impianti di depurazione delle acque) meno soggette a stagionalità e a variazioni dovute ad agenti climatici rispetto alle fonti energetiche rinnovabili maggiormente diffuse.

Benefici aggiuntivi in termini di riduzione dei carichi sono raggiungibili se si considera ad esempio il prolungamento della vita dei nuovi apparecchi più energeticamente efficienti nel rispetto dei requisiti di ecodesign, che si traduce principalmente in una riduzione dell'energia necessaria per il recupero dei materiali dismessi.

L'incremento nella diffusione di interventi di riqualificazione profonda del parco edilizio previsto a seguito delle attività relative all'edilizia off-site nel presente progetto può, inoltre, favorire la concorrenza nel mondo delle costruzioni, consentendo agli edifici di raggiungere standard energetici e funzionali sempre più elevati, ancora una volta agendo sulla riduzione dei consumi e dei carichi elettrici. Esiste un potenziale di 27 mln di abitazioni residenziali su cui intervenire in modo efficace con soluzioni innovative che spingono sempre più verso la diffusione di edifici a più elevate prestazioni. Similmente, la maggiore conoscenza delle opportunità di efficientamento energetico soprattutto per i settori industriali maggiormente energivori generata dal confronto attraverso gli indici di benchmark e la valutazione del livello di maturità può portare sul lungo periodo ad una riduzione notevole del peso energetico a carico della rete elettrica.

Sempre in riferimento alla riduzione dei consumi e dei carichi industriali, si evidenzia come la tecnologia MISA per la separazione più efficiente dei gas industriali vada ad impattare su dei sistemi (impianti di separazione) che arrivano a rappresentare il 40-70% dei costi di capitale e operativi nell'industria e che rappresentano ogni anno il 45% di tutta l'energia di processo utilizzata dalle industrie chimiche e di raffinazione del petrolio.

Il progetto insiste inoltre sul disaccoppiamento dei sistemi di generazione e utilizzo dell'energia nonché sulla creazione di nuove potenziali fonti energetiche secondo due modalità: da un lato, la valorizzazione del carbonio attraverso l'uso efficiente di energia elettrica, un maggiore livello di elettrificazione delle industrie e l'implementazione di accumuli di energia attraverso l'impiego di materiali eco-sostenibili (e.g. dolomite, calcite) permetterebbero la minimizzazione degli effetti di sovrapproduzione (overgeneration) da rinnovabili attraverso sistemi di accumulo temporaneo migliorando la flessibilità e la sicurezza del sistema elettrico; dall'altro, la diffusione di tecnologie di generazione distribuita per l'autoproduzione di energia elettrica da recuperi termici industriali e di impianti di depurazione e trattamento delle acque a bilancio positivo consentirebbe di ridurre il consumo di fonti energetiche primarie e di incrementare la stabilità della rete riducendo anche la dipendenza da combustibili fossili.

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 10 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	--------------

### *Benefici per gli utenti*

I benefici per gli utenti del sistema elettrico nazionale attesi a seguito del raggiungimento degli obiettivi del progetto sono principalmente a breve e a medio termine e riguardano sia utenti civili sia utenti industriali. L'attività di studio, ricerca e verifica sperimentale di tecnologie efficienti nei processi industriali consente di acquisire e diffondere informazioni tecnico-scientifiche a vantaggio del sistema produttivo, che se ne può giovare in termini di competitività contribuendo direttamente alla crescita economica del Paese, e dei cittadini in generale, che ne ricevono un beneficio in termini di riduzione della bolletta energetica nazionale e di miglioramento della sostenibilità ambientale.

Nel caso dei benefici per gli utenti civili, relativamente alla sorveglianza del mercato dei prodotti connessi all'energia, i benefici si concretizzano nel raggiungimento di prestazioni funzionali garantite (minori consumi energetici), oltre che nella maggiore durata e migliorata riparabilità dei prodotti e in un più facile smaltimento a fine vita. Sempre considerando i benefici attesi per gli utenti finali civili, la maggiore diffusione di interventi di riqualificazione grazie ad una migliore e più semplice implementazione delle tecniche di edilizia off-site consentirebbe di ridurre i costi delle bollette energetiche (dati ARERA indicano ad esempio un aumento delle tariffe elettriche di circa 3% annuo) e di ottenere importanti risparmi in termini di fabbisogno energetico dell'edificio, con conseguente riduzione del consumo di energia primaria e di potenza installata.

Per quanto riguarda gli utenti industriali, i principali benefici attesi riguardano una riduzione dei costi grazie alla corretta gestione di poli industriali eserciti attraverso una logica ISG (Industrial Smart Grid) che consentirà un uso più efficiente ed economico degli eccessi di energia e materia unito ad una riduzione dei costi di rete. La generazione distribuita attraverso cascami di energia termica in poli industriali impone una gestione ottimale del sistema elettrico e di dover far fronte a eventuali eccessi di cascami termici distribuendoli in aree residenziali contigue attraverso reti di teleriscaldamento. Particolare attenzione verrà riservata agli impianti del servizio idrico integrato e in particolare al servizio di collettamento e depurazione delle acque reflue (che ha una incidenza del 30% sui consumi elettrici del servizio idrico integrato e dell'1% sul consumo nazionale). A fronte di un panorama in cui il settore depurativo municipale tratta carichi inquinanti superiori a 75 milioni di abitanti equivalenti con un fabbisogno energetico superiore ai 3 miliardi di kWh/anno, il raggiungimento della autosufficienza energetica, oltre a rappresentare vantaggi economici e competitivi per le aziende del SII, avrebbe impatti notevoli sul bilancio energetico italiano. In questo caso, anche gli utenti civili potranno trarre benefici indiretti dalle attività di progetto, considerando potenziali riduzioni delle tariffe del servizio idrico integrato in virtù dei risparmi sui costi di gestione, oltre ai benefici connessi alla gestione sostenibile della risorsa idrica, alla tutela di risorse naturali, alla maggior salvaguardia dell'ambiente ed alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Sempre relativamente agli utenti industriali, vale la pena sottolineare i benefici sul medio periodo legati all'implementazione di politiche energetiche più mirate alla riduzione dei consumi energetici e quindi ai costi associati, elaborate anche grazie alle analisi di benchmark rese disponibili dalle attività di progetto, e quelli legati al miglioramento della percezione e dell'immagine delle aziende.

### *Previsione delle ricadute applicative*

Tutti i risultati del progetto presentano ricadute applicative spendibili nel medio-lungo termine, risultando di particolare rilievo per aziende interessate ad un'eventuale industrializzazione e commercializzazione di prodotti e software sul mercato italiano ed europeo e/o per i decisori politici che possono trarne utili strumenti di analisi e supporto alle decisioni (come ad es. nel caso degli strumenti per la sorveglianza del mercato sviluppati nel WP1 e nel caso dello sviluppo degli indici di benchmark e relativi strumenti nel WP4).

Per quanto riguarda l'utilizzazione dei risultati sotto forma di una loro potenziale futura industrializzazione e immissione sul mercato si segnalano in particolare:

-L'approccio metodologico sviluppato nel WP2 per la valutazione e la selezione delle configurazioni studiate per soluzioni di facciata realizzate in off-site, abbinato al catalogo delle soluzioni standardizzate, che potrebbe dare luogo ad un sistema facilitato di certificazione delle prestazioni di questo tipo di soluzioni (si veda a titolo

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 11 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	--------------

di esempio il modello CasaClima per la certificazione delle prestazioni delle modalità di risoluzione dei ponti termici);

-L'applicazione delle metodologie sviluppate nel WP2 per l'individuazione di soluzioni che consentano di realizzare riqualificazioni del patrimonio edilizio a basso costo a contesti di edilizia sociale e povertà energetica, in cui altrimenti il tasso di implementazione di questo tipo di soluzioni rimarrebbe inevitabilmente molto basso;

-I materiali selezionati come sorbenti nel WP3, che sono caratterizzati da un'elevata versatilità di configurazione (i MOF censiti al momento superano i 10000), considerando che e la possibilità di miscelarli con le nanoparticelle e la loro modulabilità chimica fanno sì che la tecnologia MISA sia estendibile a un elevato numero di processi separativi. Si tenga presente che in questo caso il campo applicativo risulta essere piuttosto vasto in quanto l'utilizzo efficiente delle risorse energetiche applicato alle operazioni di separazione è di grande interesse per tutto il settore industriale chimico ed energetico in quanto le separazioni sono operazioni particolarmente energivore e presenti in tutti i processi produttivi;

-I processi di decarbonizzazione sviluppati nel WP3 per l'industria siderurgica e del cemento, che in presenza di un'adeguata regolamentazione sulle emissioni del carbonio e quindi di nuovi investimenti sulla decarbonizzazione consentirebbero di ottenere un processo efficiente a basso impatto ambientale riducendo (i) lo sfruttamento di giacimenti per estrarre minerali a base di calcio e combustibili fossili, (ii) l'apertura di nuove discariche dove conferire le scorie prodotte nell'industria di processo, e (iii) produzione in situ di energia elettrica attraverso la valorizzazione di cascami energetici;

-L'applicativo che sarà sviluppato nel corso delle attività del WP3 relative alla creazione di un sistema di supporto alle decisioni per il recupero di calore di scarto industriale a bassa temperatura, e che è pensato per essere semplice, intuitivo e sufficientemente trasversale da essere facilmente utilizzabile da un notevole numero di aziende di diversi settori. Alla fine del triennio sarà resa disponibile una prima versione beta gratuita di tale applicativo, che tuttavia presenterà un notevole potenziale di perfezionamento dell'interfaccia utente e di customizzazione che lo renderà potenzialmente appetibile a software house che vogliono utilizzarlo per sviluppare software proprietari.

-I prototipi e i processi innovativi sviluppati nel WP5 per l'efficientamento energetico degli impianti di depurazione, che saranno ottimizzati anche con l'obiettivo di proporre brevetti e di favorirne l'applicazione su scala industriale.

## Verifica dell'esito del Progetto

### *Oggetti e documentazione dei risultati finali*

Per i risultati attesi sono riportati i principali oggetti e documentazione dei risultati finali (per un elenco più dettagliato si rimanda alla descrizione delle singole linee di attività):

1. Relazione contenente la descrizione dei risultati sperimentali dalla campagna di sorveglianza del mercato nazionale ed europeo per la riduzione dei prodotti non conformi;
2. Relazione contenente la descrizione della metodologia per il design degli apparecchi più tecnologicamente avanzati per garantire il rispetto dei requisiti minimi di ecodesign e raggiungere le classi di efficienza più elevate;
3. Relazione contenente il catalogo di soluzioni off-site per la riqualificazione di edifici esistenti comprensivo di valutazione delle performance energetiche ed economiche come risultato delle attività di ricerca;
4. Relazione contenente la metodologia per l'ottimizzazione del processo produttivo off-site di soluzioni modulari per l'isolamento delle facciate;
5. Prototipo online di strumento software per la valutazione e selezione delle soluzioni modulari da catalogo in base alla tipologia costruttiva e alle esigenze specifiche dell'utente finale;
6. Dimostratore (prototipo) per la valutazione delle prestazioni di alcune delle soluzioni modulari di isolamento delle facciate;
7. Prototipo di edificio equipaggiato con soluzioni modulari per l'isolamento delle facciate per la valutazione delle prestazioni e della fase di cantierizzazione;
8. Relazione contenente le specifiche del design del materiale magnetico a elevata porosità ottimizzato per il processo separativo selezionato;
9. Relazione contenente il risultato dello sviluppo dei materiali magnetici a elevata porosità mediante diverse metodologie di sintesi e valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei processi utilizzati;

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 12 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	--------------

10.Relazione contenente la definizione della capacità separativa e ottimizzazione della cinetica di rilascio modulata attraverso tecnologia MISA in paragone a riscaldamento convenzionale;

11.Materiali a base di calcio a basso impatto ambientale ed economico idonei per la cattura della CO<sub>2</sub> e l'accumulo termochimico degli eccessi di energia;

12.Relazione contenente la descrizione del metodo di sintesi ottimale per ottenere catalizzatori per processi PAC (Plasma-Assisted Catalysis) a basso costo ed impatto ambientale resistenti alla disattivazione;

13.Banco di prova a doppio letto fluido per la dimostrazione tecnica del processo di carbonatazione e calcinazione di un materiale granulare a base di calcio;

14.Prototipo di software contenente strumenti di supporto per la valutazione costi-benefici delle opportunità di recupero di calore a bassa temperatura, validato e testato sul campo in diversi settori;

15.Banca dati contenente informazioni sui progetti di recupero del calore di scarto a bassa temperatura già realizzati;

16.Relazione contenente lo studio e analisi dei dati per la caratterizzazione energetica dei principali settori merceologici fortemente energivori;

17.Relazione contenente la formulazione e analisi dei principali indici di prestazione energetica di sito e delle principali fasi dei processi produttivi, con valutazione del potenziale di risparmio;

18.Relazione contenente la metodologia per la valutazione della maturità energetica delle imprese e analisi dell'evoluzione della maturità di un campione di imprese nel periodo 2015-2019;

19.Prototipo di uno strumento informatico per la rendicontazione dei consumi energetici aziendali;

20.Prototipo di uno strumento web per l'autovalutazione della maturità energetica da parte delle imprese;

21.Prototipo di strumento informatico di valutazione per i gestori del servizio idrico integrato;

22.Prototipo di impianto di depurazione acque in scala pilota e laboratorio per l'ottimizzazione delle tecnologie di depurazione.

#### *Elementi per la verifica finale del progetto*

1.Presenza e completezza della relazione contenente la descrizione dei risultati sperimentali dalla campagna di sorveglianza del mercato nazionale ed europeo;

2.Presenza e completezza della relazione contenente la descrizione della metodologia per il design degli apparecchi più tecnologicamente avanzati;

3.Presenza e completezza della relazione contenente il catalogo di soluzioni off-site per la riqualificazione di edifici esistenti comprensivo di valutazione delle performance energetiche ed economiche come risultato delle attività di ricerca;

4.Presenza e completezza della relazione contenente la metodologia per l'ottimizzazione del processo produttivo off-site di soluzioni modulari per l'isolamento delle facciate;

5.Test e manuale del prototipo online di strumento software per la valutazione e selezione delle soluzioni modulari da catalogo in base alla tipologia costruttiva e alle esigenze specifiche dell'utente finale;

6.Test sul dimostratore (prototipo) per la valutazione delle prestazioni di alcune delle soluzioni modulari di isolamento delle facciate;

7.Test sul prototipo di edificio equipaggiato con soluzioni modulari per l'isolamento delle facciate per la valutazione delle prestazioni e della fase di cantierizzazione;

8.Presenza e completezza della relazione contenente le specifiche del design del materiale magnetico a elevata porosità ottimizzato per il processo separativo selezionato;

9.Presenza e completezza della relazione contenente il risultato dello sviluppo dei materiali magnetici a elevata porosità mediante diverse metodologie di sintesi e valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei processi utilizzati;

10.Presenza e completezza della relazione contenente la definizione della capacità separativa e ottimizzazione della cinetica di rilascio modulata attraverso tecnologia MISA in paragone a riscaldamento convenzionale;

11.Test sui materiali a base di calcio a basso impatto ambientale ed economico idonei per la cattura della CO<sub>2</sub> e l'accumulo termochimico degli eccessi di energia;

12.Presenza e completezza della relazione contenente la descrizione del metodo di sintesi ottimale per ottenere catalizzatori per processi PAC (Plasma-Assisted Catalysis) a basso costo ed impatto ambientale

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 13 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	--------------

resistenti alla disattivazione;

13. Test di funzionamento del banco di prova a doppio letto fluido per la dimostrazione tecnica del processo di carbonatazione e calcinazione di un materiale granulare a base di calcio;

14. Test e manuale del prototipo di software contenente strumenti di supporto per la valutazione costi-benefici delle opportunità di recupero di calore a bassa temperatura, validato e testato sul campo in diversi settori;

15. Test e manuale della banca dati contenente informazioni sui progetti di recupero del calore di scarto a bassa temperatura già realizzati;

16. Presenza e completezza della relazione contenente lo studio e analisi dei dati per la caratterizzazione energetica dei principali settori merceologici fortemente energivori;

17. Presenza e completezza della relazione contenente la formulazione e analisi dei principali indici di prestazione energetica di sito e delle principali fasi dei processi produttivi, con valutazione del potenziale di risparmio;

18. Presenza e completezza della relazione contenente la metodologia per la valutazione della maturità energetica delle imprese e analisi dell'evoluzione della maturità di un campione di imprese nel periodo 2015-2019;

19. Test e manuale del prototipo di uno strumento informatico per la rendicontazione dei consumi energetici aziendali;

20. Test e manuale del prototipo di uno strumento web per l'autovalutazione della maturità energetica da parte delle imprese;

21. Test e manuale del prototipo di strumento informatico di valutazione per i gestori del servizio idrico integrato;

22. Test di funzionamento del prototipo di impianto di depurazione acque in scala pilota e laboratorio per l'ottimizzazione delle tecnologie di depurazione.

#### **Coordinamento tra gli affidatari**

*Il progetto prevede attività in sovrapposizione con gli altri affidatari?*

SI

#### *Coordinamento tra gli affidatari*

RSE ed ENEA hanno costituito un comitato di coordinamento per le attività di ricerca che verranno svolte nell'ambito del Tema 1.6. Il comitato si è riunito in data 4 settembre 2019 per discutere i punti brevemente riassunti nel seguito.

Il WP 3 del Tema 1.6 presenta contributi sia ENEA che RSE. In particolare, ENEA e RSE hanno discusso le attività pianificate legate a:

- Recupero di calore di scarto in ambito industriale. Sebbene riferibili a differenti contesti, sia ENEA che RSE hanno pianificato attività relative a questo ambito. Tali attività sono state discusse ed è stato evidenziato come siano caratterizzate da livelli di azione e focus differenti: ENEA prevede –si veda sottopunto 3.4- un approccio di dettaglio a livello di singolo impianto, relativo all'integrazione e ottimizzazione di diverse tecnologie di recupero applicate a diversi flussi di calore all'interno di uno stabilimento industriale e/o di un distretto industriale, mentre RSE – si veda sottopunto 3.10- un approccio di sistema a scala territoriale, relativo allo studio dell'immissione del calore di scarto industriale nelle reti di teleriscaldamento. Le attività risultano quindi non in sovrapposizione, ma in sinergia, in quanto la seconda consente di valorizzare le ottimizzazioni ottenute dalla prima attività, legate alla possibilità di riutilizzare il calore di scarto industriale all'esterno del sito produttivo.

- Applicazione di speciali membrane per la separazione dell'ossigeno. RSE prevede di proporre attività relative all'applicazione in specifici processi industriali di tali membrane, sviluppate nel precedente triennio di Ricerca di Sistema –si veda sottopunto 3.8-, attraverso il relativo studio di appositi moduli e soluzioni. ENEA intende proporre alcune attività – si veda sottopunto 3.1- relative all'applicazione di tecnologie innovative per la separazione più efficiente di miscele gassose, e ha inoltre in corso alcune attività legate all'applicazione di

PTR_19_21_ENEA_PRG_5_C AP1	1.6 Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	Descrizione del progetto	pag. 14 / 14
-------------------------------	---	--------------------------	--------------

membrane innovative per la separazione più efficiente di gas industriali (in parte sviluppi di attività condotte nel precedente triennio di Ricerca di Sistema); le attività di ENEA e RSE sono riferite all'applicazione di diverse tecnologie - specifiche per differenti tipologie di applicazione - in diversi contesti, e questo fatto amplia la fruibilità da parte degli operatori. ENEA e RSE concordano comunque nell'interesse reciproco a realizzare azioni di contatto e di condivisione dell'avanzamento delle attività in questo ambito, già dal 2020.

Si segnala che per quanto riguarda il WP 4 del Tema 1.6, ENEA prevede di proporre alcune attività che risultano affini a quelle che RSE propone all'interno del Tema 2.1. Tali attività sono entrambe finalizzate allo studio del consumo energetico di alcuni settori industriali in Italia ed entrambe partono dall'analisi di basi dati importanti quali le diagnosi realizzate in adempimento al D.Lgs. 102/2014 (per ENEA) e i dati del progetto RdS Induco e EU Merci su progetti di efficienza energetica svolte dalle industrie italiane nell'ultimo decennio (per RSE). Tuttavia, la finalità di tali attività e analisi rimane distinta (fornire indici e valori di benchmark per ENEA, individuare potenziali di risparmio energetico per settore e intervento per RSE), così come differente è l'approccio che verrà adottato (analisi top-down, partendo dai dati di efficienza complessivi dei vari settori per arrivare ai singoli stabilimenti, per ENEA e bottom-up, partendo dall'efficienza delle singole macchine e processi per arrivare a quella di settore per RSE). Il confronto dei risultati consentirà, oltre ad offrire la possibilità di maggiore validazione dei singoli risultati, anche di incrementare la quantità ed il dettaglio di informazioni estratte dai relativi database, che verranno quindi massimamente valorizzati.

*Immagini allegate:*

Non presenti in allegato

*Coordinamento affidatari:*

Presente in allegato