



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

# **Rendiconto generale per l'esercizio finanziario 2022**

## **Allegato 3**

# **Piano degli indicatori e dei risultati attesi di bilancio**

## Indice

|   |            |
|---|------------|
| Introduzione .....  | 3          |
| Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare (FSN) .....                       | 4          |
| Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN).....                          | 40         |
| Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) .....                 | 53         |
| Dipartimento Unità Efficienza Energetica (DUEE).....  | 67         |
| Istituto di Radioprotezione (IRP) .....   | 82         |
| Unità Tecnica Antartide (UTA).....  | 87         |
| Direzione Innovazione e Sviluppo (ISV) .....  | 89         |
| Unità Relazioni e Comunicazione (REL) .....   | 95         |
| Unità Studi, Analisi e Valutazioni (STAV) .....   | 98         |
| <b>Tabella 1. Programma: Fusione, tecnologie per la sicurezza (FSN) .....</b>                 | <b>103</b> |
| <b>Tabella 2. Programma: Tecnologie energetiche e fonti rinnovabili (TERIN).....</b>          | <b>105</b> |
| <b>Tabella 3. Programma: Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali (SSPT) .....</b> | <b>106</b> |
| <b>Tabella 4. Programma: Efficienza energetica (DUEE).....</b>                                | <b>107</b> |
| <b>Tabella 5. Programma: Istituto di Radioprotezione (IRP) .....</b>                          | <b>108</b> |
| <b>Tabella 6. Programma: Unità Tecnica Antartide (UTA).....</b>                               | <b>109</b> |
| <b>Tabella 7. Programma: Innovazione e trasferimento tecnologico (ISV, REL, STAV).....</b>    | <b>110</b> |
| <b>Tabella 8. Programmi delle Strutture di amministrazione, supporto e coordinamento.....</b> | <b>113</b> |

## Introduzione

---

Al Conto consuntivo per l'esercizio finanziario 2022 è allegato il documento programmatico *Piano degli indicatori e dei risultati attesi di bilancio* (nel seguito "Piano") riferito alla medesima annualità, che ha lo scopo di presentare, nel dettaglio di ogni singola Unità di struttura, le finalità e strategie, i risultati più significativi raggiunti nel 2022 - con riferimento agli obiettivi fissati nel Piano della performance 2022-2024 -, i principali interlocutori e le ricadute economiche e tecnologiche più rilevanti.

Il Piano è stato redatto secondo le linee guida generali emanate con DPCM 15 settembre 2012 e quanto indicato nella nota del 1° agosto 2016 – Prot. n. U.0257030 del Ministero dello sviluppo economico, nelle more dell'emanazione dei provvedimenti del Dipartimento della Funzione pubblica, d'intesa con il Ministero dell'economia e delle finanze, che devono contenere le istruzioni tecniche ed i modelli da utilizzare per la predisposizione del medesimo Piano e per il monitoraggio dei risultati.

La prima parte del documento è dedicata alle attività centrate prevalentemente sui quattro settori di competenza dei Dipartimenti – Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare, Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Efficienza Energetica –, con i quali l'ENEA risponde al proprio mandato istitutivo, mettendo a disposizione del sistema Paese le competenze multidisciplinari e la grande esperienza nella gestione di progetti complessi andata consolidandosi nel corso degli anni.

Si passa poi alla descrizione delle Unità tecniche – Istituto di Radioprotezione e Unità Tecnica Antartide –, preposte allo svolgimento di compiti previsti dalla normativa vigente e all'esecuzione di attività di ricerca o di servizio destinate sia all'interno che all'esterno dell'Agenzia.

Il documento si completa con i contributi della Direzione Innovazione e Sviluppo, dell'Unità Relazioni e Comunicazione e dell'Unità Studi Analisi e Valutazioni, volti rispettivamente a cogliere e sostenere le iniziative di finanziamento, a promuovere e diffondere le conoscenze scientifiche e tecnologiche, alla elaborazione di studi e valutazioni sul sistema energetico nazionale e sulle ricadute economiche e sociali delle tecnologie energetiche e ambientali.

## Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare (FSN)

---

**Direttore: Alessandro Dodaro**

### **FINALITÀ E STRATEGIE**

Il Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare (FSN) opera nei settori della Fusione Nucleare, delle Applicazioni Nucleari, della Sicurezza nucleare e delle Applicazioni delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti; inoltre, ai sensi della Legge 273/1991, garantisce al Paese il ruolo di Istituto Metrologico Primario nel settore delle radiazioni ionizzanti, mantenendo e sviluppando, secondo gli standard raccomandati a livello internazionale, gli apparati di misura campione. FSN gestisce inoltre il Servizio Integrato per la raccolta dei rifiuti radioattivi non elettronucleari, affidato per legge all'ENEA (D.lgs. n. 101/2020). La missione del Dipartimento si è ulteriormente estesa con il progetto di realizzazione della Divertor Tokamak Test facility (DTT), nel campo della Fusione Nucleare.

Il quadro di contesto in cui trovano indirizzo le attività del Dipartimento è prioritariamente quello dei grandi programmi/progetti di ricerca nazionali e internazionali sul tema della Fusione e Fissione Nucleare (a titolo esemplificativo, EURATOM, *European Joint Fusion Programme* e *Horizon 2020*), nonché la normativa negli altri settori di intervento del Dipartimento.

Il Dipartimento svolge attività di studio, analisi, ricerca, sviluppo e qualificazione di tecnologie, metodologie, materiali, processi e prodotti, progettazione avanzata, realizzazione di impianti prototipali e di infrastrutture di ricerca, con il fine di fornire al sistema Paese conoscenze e metodi volti a fronteggiare sfide sempre crescenti, quali la ricerca di nuove fonti innovative di energia come la fusione, la necessità di garantire risposte adeguate nel campo della sicurezza nucleare ricorrendo a tecnologie d'avanguardia e in quello della protezione (*security*) verso i rischi chimici, batteriologici, radiologici e nucleari (CBRN), nonché del settore medico, che richiede nuovi sistemi per le cure oncologiche e la produzione di radio-farmaci sempre più efficaci ed efficienti, così come nella protezione dell'ambiente e nella tutela del patrimonio artistico.

Le attività del Dipartimento vengono svolte prioritariamente all'interno di grandi programmi/progetti di ricerca a valenza internazionale, quali: il consorzio EUROfusion, cui è stata demandata l'esecuzione delle attività dello *European Joint Fusion Programme* di Euratom, per il quale FSN svolge la funzione di Program Manager in rappresentanza dell'Italia; *Fusion for Energy*, l'agenzia europea incaricata di fornire il contributo europeo a ITER, in cui FSN funge da Industry Liaison Officer per l'Italia.

In ambito nazionale il Dipartimento riveste, come detto, il ruolo di coordinatore delle attività del programma Fusione italiano, svolge azioni di consulenza ad alto contenuto tecnologico verso la PA centrale (ad esempio al MAECI per le attività di sicurezza e salvaguardia in ambito IAEA) e, seppure con minore rilievo, mette in campo attività commerciali volte ad operatori pubblici e privati. Nel ruolo di Istituto Metrologico Primario, offre inoltre prestazioni di servizi avanzati consistenti nei servizi di taratura della strumentazione di misura delle radiazioni ionizzanti.

### **PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2022, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2022-2024**

**Obiettivo triennale FSN.OS.01 – Avviare la costruzione di nuove infrastrutture di ricerca e garantire l'upgrading di infrastrutture esistenti, in particolare il DTT.**

L'infrastruttura **Divertor Tokamak Test facility (DTT)**, compresa nella roadmap europea sulla fusione, ha l'obiettivo di dare un contributo alla soluzione dello smaltimento dei prodotti di fusione (elio) per un futuro reattore, dimostrando di riuscire a smaltire i carichi termici particolarmente intensi a cui è sottoposto e con valori di erosione della superficie compatibili con la sua durata. Consiste in una macchina Tokamak superconduttiva con un raggio maggiore di plasma di circa 2,11 metri, che presenta una regione

di divertore sufficientemente ampia da consentire lo studio di diverse configurazioni magnetiche, forme geometriche di divertore e la sperimentazione di diversi materiali, inclusi i metalli liquidi in condizioni rappresentative di quanto previsto su DEMO in termini di scenari operativi. Il valore relativamente elevato del campo toroidale (6 T) darà la possibilità di ottenere prestazioni di plasma non lontane da quelle di DEMO.

Tutte le azioni dell'anno 2022 sono state finalizzate al mantenimento della programmazione delle attività previste dal piano di realizzazione. I principali risultati conseguiti:

- è stata completata la consegna all'ENEA degli strand multifilamentari superconduttivi in Nb3Sn, da parte di Kiswire Advanced Tech (Corea del Sud), in accordo al cronoprogramma del contratto stipulato a valle dell'aggiudicazione del primo lotto di gara, avvenuta nel terzo trimestre 2019; è stato emesso il certificato di verifica di conformità e il contratto può considerarsi concluso;
- sono state effettuate la seconda e la terza consegna, su un totale di quattro previsto dal contratto, degli strand superconduttivi di NbTi da parte di Furukawa Electric Co., Ltd (Giappone) per i magneti PF2-PF5;
- sono state scaricate presso l'Enea le prime tre consegne di fili di rame con coating di cromo e di nichel, su un totale di quattro consegne, da parte di Luvata Waterbury, Inc. (Stati Uniti d'America);
- è stato completato l'iter autorizzativo di DTT come sorgente radiogena con l'invio del Nulla Osta di categoria A ai sensi del D. Lgs. N. 101/20 da parte del MITE in data 4.3.2022.

Nell'ambito dell'accordo di costruzione tra l'ENEA e la società DTT s.c.a.r.l, in cui l'ENEA ha affidato a quest'ultima la gestione per la costruzione della macchina, si sono conseguiti i seguenti risultati:

- sono stati costruiti i cavi superconduttori, dei 18 moduli del sistema magnetico toroidale, delle 18 casse di contenimento dei moduli del magnete toroidale. Inoltre è stata avviata la gara per le indagini geognostiche ed ambientali;
- si è conclusa la procedura di gara per la fornitura di 16 gyrotrons da 1MW di potenza alla frequenza di 170GHz ed è stato firmato il contratto quadro per la fornitura di 8 gyrotrons;
- sono stati stipulati i contratti per la fornitura e posa in opera di un alimentatore (TFPS Toroidal Field Power Supply) e delle protezioni (3 FDU Fast Discharge Units) dei magneti toroidali di DTT.

Nell'ambito delle attività per la realizzazione della macchina Tokamak DTT, svolte dalla Divisione FSN-TECFIS, sono stati definiti progetti preliminari per lo sviluppo di sistemi di monitoraggio distribuiti basati su tecnologie in fibra ottica. Le applicazioni previste spaziano dalla protezione della macchina al monitoraggio dei parametri di esercizio. È stato effettuato uno studio di fattibilità con sensori basati su tecnologia a fibra ottica per la misura di temperatura, di strain in regime statico e dinamico, di spostamento, di accelerazione e, in particolare, sono state effettuate delle prove di compatibilità d'impiego a temperature criogeniche.

Particolarmente coinvolta nelle attività di costruzione del DTT è la Divisione FSN-PLAS che coordina tutti i task delle call indette dal Consorzio DTT alle quali partecipa l'ENEA e partecipa al Chief Engineering Board. Nel corso del 2022 vale la pena menzionare le seguenti attività:

- coordinamento delle attività di collaborazione con il team della macchina WEST volte alla compartecipazione nella realizzazione di componenti per la macchina DTT e all'addestramento di un team per la conduzione della macchina DTT;
- partecipazione alle attività di fisica mediante il coordinamento del gruppo MHD;
- partecipazione ai gruppi per la redazione del programma sperimentale di DTT;
- il gruppo Eccimeri ha proseguito gli studi su rivelatori a diamante come nuove diagnostiche del plasma mediante l'utilizzo della sorgente di EUV (Estremo UltraVioletto) a scarica capillare, nell'ambito del task "DST- Diagnostics-SXR TOMOGRAPHY". È stato avviato un esperimento di focalizzazione della radiazione EUV tramite un collettore ellissoidale per consentire irraggiamenti di

superfici a dosi incrementate di oltre un ordine di grandezza rispetto a quelle raggiungibili fino ad oggi. La stessa sorgente è stata utilizzata per l'irraggiamento di campioni di lino e materiale cartaceo antico;

- è continuato lo studio per DTT, attraverso un task di diagnostiche, da parte del gruppo NIXT, per la progettazione di due sistemi a raggi X con rivelatori a gas di tipo GEM da costruire per DTT, uno di imaging 1-D parzialmente tangenziale e due camere perpendicolari, anch'esse in versione 1-D, in modalità tomografica;
- nell'ambito del CTS del consorzio RFX si è partecipato alle attività di discussione sui risultati ottenuti da RFX in relazione alla macchina RFX-Mod2 e degli impianti Mitica e Spider per i sistemi di iniezione di particelle neutre per la macchina ITER:
- è stata sottoscritta una proposta scientifica per l'uso di GEM gas detector, (diagnostica per la quale la divisione è leader mondiale), per le camere a raggi X per ITER esterne alla camera da vuoto, corredata di rivelatori ancillari a stato solido, di tipo C-MOS imager, per il monitoraggio del background gamma e di neutroni.

Nella prima metà del 2022, presso il reattore TRIGA RC-1, sono continuati gli interventi di manutenzione straordinaria finalizzati alla ricerca degli elementi di combustibile fessurati. Al termine dell'attività verrà stabilita una nuova configurazione operativa del nocciolo per l'utilizzo del reattore nelle varie attività di ricerca, incluse quelle orientate alla produzione di radiofarmaci e radioisotopi. È in corso l'avvio della gara di progettazione di tutti gli interventi di revamping dell'Edificio Reattore TRIGA (edile, elettrico, condizionamento, antincendio)

Dal 1° luglio 2022, i reattori di ricerca TRIGA RC1 e RSV TAPIRO sono stati posti in stato di arresto a causa della scadenza del contratto relativo al servizio assicurativo in materia di responsabilità civile dell'ENEA nella sua funzione di esercente di impianti nucleari ai sensi della Legge 31 dicembre 1962 n. 1860 modificata dal D.P.R. 10 maggio 1975 n. 519 e s.m.i.. Si sono conclusi la riapertura, lo svuotamento e i controlli radiometrici della Cella Blindata ad Alta Attività, presente presso il locale 19 del Laboratorio di Radiochimica del C.R. Casaccia. Il progetto di ripristino è completato nelle sue parti essenziali e le operazioni di rifacimento sono iniziate con la sostituzione degli elementi mobili della porta schermata. Nel corso del 2022 sono iniziate le azioni propedeutiche alla progettazione di nuovi manipolatori, data la vetustà di quelli precedenti e l'impossibilità di trovare parti da sostituire. In particolare, si è proceduto allo smontaggio dei vecchi manipolatori e al loro smaltimento secondo la normativa vigente. Il ripristino della Cella Blindata ad Alta Attività, con un nuovo sistema automatico di manipolazione dei campioni, sarà funzionale anche a una eventuale attività di formazione di personale esterno che deve operare mediante telemanipolatori nonché alla possibilità di operare in un ambiente ad alto schermaggio per campioni sospetti, qualora il Sistema Paese ne necessiti.

Relativamente all'infrastruttura TECHEA, la cui realizzazione in corso presso il C.R. ENEA di Frascati è stata prorogata di un ulteriore anno per le attività previste nel WP2 e WP3, sono proseguite le attività per la realizzazione dei prototipi finalizzati allo sviluppo di acceleratori lineari di elettroni miniaturizzati in radioterapia, di dosimetri per imaging e di sistemi indossabili basati su tecnologia in fibra ottica per il monitoraggio di pazienti e si sono concluse quelle relative al WP1, finalizzate allo sviluppo di tecnologie per la sicurezza alimentare. L'infrastruttura, costituita da tre WP, ha conseguito i seguenti rilevanti risultati:

- Nel WP1, dedicato alla LPAS applicata per la sicurezza alimentare, durante il 2022 sono stati completati entrambi i prototipi previsti. Il prototipo per linea di produzione è stato montato su un carrello con zampe ripiegabili ed è trasportabile in due valigie, una per il sistema elettroottico e l'altra per il chiller del laser; quello per analisi speditive è stato assemblato su un piccolo tavolo ottico contenuto in una valigetta. Inoltre, è stato depositato il brevetto "Un apparato e un metodo fotoacustico per rilevare un analita in un campione di un materiale da ispezionare" (Brevetto 102021000032276 del 2021, N. ENEA: 923). Entrambi i prototipi sono perfettamente operativi presso la Divisione FSN-TECFIS e sono stati applicati a casi di studio, in particolare all'autenticazione dello zafferano, spesso frodato con aggiunte di tartrazina o curcuma, con realizzazione di data base spettrali ed analisi della normativa fino ad

eseguire la validazione dei prototipi in condizioni field-like, avvalendosi di campioni autentici, sospetti e frodati di zafferano. Un analogo approccio ha permesso di studiare autenticità, qualità e sicurezza di filiere agroalimentari importanti quali quelle di latte, olio d'oliva, riso, succhi di frutta e origano.

- Nel WP2 dedicato alla realizzazione del prototipo di sistema per trattamento di tumori alla mammella con paziente in posizione prona basato su linac compatto di elettroni da 3 MeV, sono state acquisite due camere a ionizzazione per "setting" della dose e controllo della dose erogata sul target ed ultimata la gara per la fornitura di una tavola in alluminio munita di sistema di movimentazione e rotazione con precisione di posizionamento di 0.1 mm. È stato attivato il contratto a IFO (Istituti Fisioterapici Ospedalieri-Laboratorio di Fisica dei sistemi esperti) per la caratterizzazione dosimetrica della sorgente e della misura della radiazione ambientale, sviluppata modellistica per il calcolo della dose in acqua e completate tutte le attività volte a ripristinare i requisiti di sicurezza previsti.
- Nel WP3 dedicato alle applicazioni della fotonica per la salute sono proseguite le attività di R&S di dosimetri luminescenti basati su fluoruro di litio (LiF) e la realizzazione di prototipi di sensori e sistemi in fibra ottica indossabili. Presso il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) a Pavia (I) sono stati irraggiati cristalli di LiF e pastiglie di drogato (LiF:Mg,Ti), dosimetri commerciali, noti come TLD-100, già ampiamente utilizzati mediante lettura di termoluminescenza. L'irraggiamento è stato eseguito con protoni ad energie tra 70-200 MeV a dosi cliniche e ne è stata studiata la risposta spettrale sotto eccitazione laser, che ha evidenziato la linearità della risposta di fotoluminescenza in funzione della dose, indipendente dall'energia del fascio di protoni a parità di dose. Rivelatori di radiazione a film sottile di LiF con risposta amplificata per imaging 2D della curva di Bragg di protoni, progettati e cresciuti per evaporazione termica su Si in differenti configurazioni per studiarne l'utilizzo ad energie cliniche, sono stati irraggiati con protoni di energia nominale 35 MeV prodotti dall'acceleratore TOP-IMPLART. Mediante simulazioni Monte Carlo (software FLUKA, versione CERN) delle curve di deposizione di energia in funzione della profondità di penetrazione, è stato compreso e confermato sperimentalmente che la posizione del picco di Bragg nel film di LiF è quella che si avrebbe se la propagazione dei protoni avvenisse tutta nel Si anziché nel LiF. Nell'ambito di una collaborazione con École Polytechnique (F), Università di Osaka (J) e Russian Academy (RU), per i rivelatori a film sottile luminescenti realizzati su substrati compositi altamente riflettenti (Brevetto ENEA), e' stata misurata un'amplificazione della risposta di fluorescenza fino ad un fattore 4 rispetto ai film cresciuti su substrato di vetro a parità di condizioni ed una risoluzione spaziale di circa 500 nm, comparabile con quella limite prevista per il microscopio ottico utilizzato. È stato implementato un sistema di spettroscopia elettronica XPS, una potente tecnica di analisi superficiale per la caratterizzazione dei film sottili di LiF cresciuti su substrati conduttori e studiate le proprietà di centri di colore in film sottili mediante micro-spettroscopia Raman. E' proseguita la progettazione di sensori di umidità relativa basati su sensori in fibra ottica di tipo FBG (Fiber Bragg Gratings) funzionalizzati con polimeri inglobati in mascherine protettive di tipo chirurgico e FFP2 per resistere a prove prolungate per il monitoraggio dell'attività respiratoria. In collaborazione con l'Università Campus Biomedico di Roma, sono stati realizzati sensori per dispositivi indossabili funzionalizzando sensori FBG in sagomati polimerici, per il monitoraggio contemporaneo della frequenza respiratoria e del battito cardiaco. Le proprietà meccaniche dei sensori, realizzati con diversi polimeri, in particolare silossanico, sono state caratterizzate con cicli di prove di trazione, bending e compressione. Le prove svolte sono finalizzate alla verifica della applicabilità dei sensori per la realizzazione di indossabili in tessuto per il busto intero (T-shirt, ...), per comparti specifici (manicotti, fasce addominali, ...) e per arredi di sostegno (sedie, lettini, ...).

Per l'infrastruttura Sorgentina RF è stata affidata alla ditta DePretto la progettazione esecutiva e la realizzazione del dimostratore di bersaglio rotante. La lega di alluminio è stata approvvigionata e le lavorazioni meccaniche dei pezzi sono state effettuate. I primi montaggi parziali sono stati effettuati e seguiti da collaudi ispettivi con esito positivo. Nel corso dell'anno è stata evidenziata una insufficiente evacuazione di potenza termica da parte del sistema di refrigerazione secondario. Per tale motivo sono

stati commissionati nuovi calcoli alla ditta fornitrice degli ugelli di iniezione acqua allo scopo di ottimizzare il sistema di raffreddamento.

L'esito dei calcoli ha consentito di ridimensionare l'impianto di raffreddamento secondario, di aumentare la portata d'acqua ed ottimizzare la disposizione e la forma degli ugelli di iniezione fino a raggiungere la potenza termica rimossa che era desiderata. Nel 2022 è stata contrattualizzata la realizzazione di una sorgente termica di tipo induttivo avente potenza 250 kW che simulerà sperimentalmente l'effetto scaldante dell'acceleratore di ioni nei test termomeccanici del dimostratore di bersaglio rotante.

Sono state effettuate le analisi termomeccaniche sul progetto finale dell'evaporatore del bersaglio rotante. In particolare è stata simulata l'esposizione alternata di porzioni dello strato di titanio al fascio misto D-T. Le analisi hanno confermato la bontà della scelta dei materiali e della geometria adottata.

Sono stati svolti sondaggi atti a verificare le caratteristiche del solaio di appoggio e del terreno sottostante dell'edificio CPC1, in vista del posizionamento dei pesanti componenti e schermaggi di Sorgentina. Sono stati progettati, in vista del loro affidamento contrattuale, tutti i sistemi ancillari delle prove termomeccaniche: trasformazione elettrica, refrigerazione secondaria, adeguamenti edilizi.

A seguito delle indagini di mercato con ditte ed istituzioni internazionali per la fornitura della sorgente ionica deuterio/trizio da 250 kW di potenza di fascio e del lancio di gara internazionale nel 2021, nel mese di Agosto 2022 è stata affidato l'incarico di progettare e realizzare la sorgente ionica ad una ditta statunitense (Muons Inc.). La complessità del progetto, che prevede l'accelerazione contemporanea di ioni deuterio e ioni trizio e la complessità della tecnologia realizzativa hanno comportato un allungamento dei tempi di fornitura rispetto a quanto previsto all'inizio del progetto Sorgentina-RF. La fornitura si concluderà alla fine del 2023; pertanto, allo scopo di effettuare i test di funzionamento, la durata del progetto è stata estesa fino a giugno 2024 col consenso della Regione Emilia Romagna.

Sono proseguite le prove di laboratorio per la dissoluzione chimica del molibdeno a basso impatto ambientale con il cosiddetto processo idrotermale. In particolare sono state approfondite le specie chimiche del molibdeno che si formano ed i quantitativi modificando i parametri di processo.

A seguito di indicazioni da parte delle medicine nucleari di importanti istituti Emiliano-Romagnoli sono stati indirizzati i calcoli numerici, le simulazioni Monte Carlo e le ricerche bibliografiche per valutare la fattibilità in Sorgentina RF di ulteriori radioisotopi medicali. In particolare sono stati studiati gli alfa emettitori, che risultano essere più adeguati dei beta-emettitori all'uso radioterapico e risultano fattibili nell'impianto finale.

**Obiettivo Specifico FSN.OS.02 – Assicurare l'avanzamento dei programmi EUROfusion e Fusion For Energy (F4E) sviluppando anche gli studi relativi alla fisica della fusione e alle tecnologie di componenti e di materiali nel campo della Fusione Nucleare e in particolare per ITER.**

È stato coordinato lo svolgimento del programma EUROfusion da parte di ENEA e dei Partner al Consorzio EUROfusion, ed è stata effettuata la rendicontazione degli obiettivi raggiunti per le attività svolte cui è seguita la richiesta all' MiTE/MASE e al MEF della quota di cofinanziamento all'ENEA. È stata intensificata l'attività di monitoraggio e conseguente reporting di progetto, permettendo un maggiore controllo in itinere delle attività EUROfusion nel loro insieme ed un maggior tasso di raggiungimento degli obiettivi. È stato svolto il ruolo di Industrial Liaison Officer per F4E tramite la diffusione delle informazioni relative alle gare di ITER, il supporto alle imprese per la partecipazione alle gare, la promozione e la partecipazione di ENEA a rilevanti eventi nazionali e internazionali.

L'attività sui materiali per i superconduttori tipo REBCO è proseguita sulle tecniche di crescita di film sui substrati metallici necessari per lo sviluppo di nastri. In parallelo è proseguita l'attività sul nuovo materiale superconduttore a base di Ferro, focalizzandola sullo studio delle proprietà del materiale stesso e sullo sviluppo di una tecnologia per la produzione di fili. Sono inoltre stati costruiti e testati altri conduttori ad alta temperatura critica con slot di rame anziché in alluminio e tape YBCO per un loro eventuale uso in DTT. Continua la caratterizzazione dei fili superconduttori forniti da KAT.



Nell'ambito dei progetti "Breeding Blanket" e "Balance of Plant" sono state effettuate attività di progettazione, sviluppo codici, simulazione e sperimentazione. Le attività di progettazione hanno riguardato il "Water Cooled Lithium Lead Breeding Blanket" e "Balance of Plant" focalizzandosi su diversi aspetti della progettazione come di seguito dettagliato:

- progettazione di un nuovo "layout" dei tubi a doppia parete;
- analisi neutroniche per dimostrare il miglioramento delle prestazioni di "breeding" della nuova configurazione;
- analisi di magneto-idrodinamica per lo studio della morfologia del flusso e delle prestazioni di scambio termico in "breeding zone" tra piombo litio e tubi refrigeranti nella zona equatoriale centrale e nella zona apicale;
- studio termoidraulico della zona di manifold del segmento centrale esterno per studiare la distribuzione del refrigerante in funzione della coordinata poloidale e per l'effetto di piccole ostruzioni dei canali a causa della formazione di sporcamento o delle tolleranze di costruzione;
- analisi del tempo di grazia della prima parete del "breeding blanket" al variare della portata in funzione della coordinata poloidale;
- investigazione e valutazione della termomeccanica del segmento laterale esterno di "breeding blanket" in varie condizioni operative.

Si sono anche studiate dal punto di vista termomeccanico le zone denominate CAP del segmento (estremi superiore e inferiore) di ulteriori configurazioni di "breeding blanket": una con piastre di irrigidimento poloidali e l'altra che prevede l'uso di piombo come moltiplicatore neutronico e "pebble bed" di ortosilicati di litio come mezzo fertilizzante. Si è inoltre proceduto nelle attività di progettazione del "Balance of Plant" del WCLL di DEMO, attraverso coordinamento tecnico, attività di "system engineer" e contributo tecnico. Le attività tecniche hanno riguardato la continuazione della progettazione del generatore di vapore e di scambiatori del sistema secondario. Relativamente alla progettazione e costruzione della nuova infrastruttura sperimentale W-HYDRA, composta dalle facility Water Loop, STEAM e LIFUS5/Mod4, sono continuate le attività di progettazione degli impianti, focalizzandosi sull'aggiornamento del CAD, su analisi strutturali relativamente al piping, su analisi termoidrauliche dei loop sperimentali e delle sezioni di prova previste, sulla progettazione dei sistemi ausiliari (sistema aria compressa, sistema demineralizzazione e sistema fill and drain). Si è lavorato per la preparazione di specifiche di fornitura dei componenti e l'implementazione di alcune procedure di servizio e fornitura, tra cui quelle relative alla progettazione dei sistemi elettrici di potenza e dei servizi per gli impianti sperimentali. Infine, sono in corso di definizione le procedure operative di impianto.

Sono continuate le attività di sviluppo modelli e codici di interesse F4E, focalizzandosi sul problema della compatibilità del fluido PbLi con il gas non condensabile (i.e. RELAP5) e sull'ottimizzazione dello sviluppo di interfacce di accoppiamento tra i codici SIMMER e REALP5. Si sono effettuate le prime simulazioni di prova di un transitorio di "in-box-LOCA" per il WCLL TBM di ITER, testando i modelli numerici e la tecnica di accoppiamento. Nell'ambito del progetto EUROfusion WPSAE si è anche provveduto alle attività di manutenzione dell'impianto LIFUS5/Mod3 attraverso la sostituzione della flangia superiore del serbatoio di reazione, del serbatoio acqua, e della sezione di prova.

Per l'infrastruttura TRIEX II le attività conseguite nel 2022 hanno riguardato la caratterizzazione di un mock-up di un dispositivo per la rimozione del trizio dal piombo litio denominato Permeator Against Vacuum (si è utilizzato idrogeno per simulare il trizio). Tale componente è costituito da tubi ad U in niobio, all'interno del quale circolano piombo e litio inseriti in uno shell mantenuto in condizioni di vuoto; un leak detector consente la misura del flusso di idrogeno permeato attraverso il niobio con cui i tubi sono realizzati. All'interno di tale shell, 4 lampade ad infrarossi in quarzo vengono usate per la regolazione della temperatura dei tubi, soprattutto per il riscaldamento durante il caricamento dell'impianto.

Attualmente TRIEX II è stata ripristinata in modalità Gas Liquid Contactor per le prove sperimentali previste in ambito EUROFUSION a basse portate di piombo litio (0.3, 0.6, 0.9 kg/s). I test possono essere suddivisi in

due fasi considerate come fasi di commissioning dell'infrastruttura. La prima fase prevede l'utilizzo di idrogeno disciolto nel piombo litio a 450°C. Nella seconda fase è previsto l'utilizzo di deuterio disciolto nel piombo litio alla temperatura di 450°C con pressione parziale di 100Pa e tre diverse portate di elio come stripping gas nell'estrattore. Durante la fase di commissioning si è verificato un malfunzionamento dello spettrometro di massa necessario per condurre i test con deuterio e la campagna sperimentale risulta pertanto in stand by in attesa della riparazione dello strumento.

Sono state condotte prove variando la pressione parziale dell'idrogeno solubilizzato nel piombo litio e la temperatura del piombo litio. In totale sono state condotte nove misurazioni a 450°C e otto a 350°C. La campagna sperimentale ha dimostrato la permeazione dell'idrogeno attraverso i tubi in niobio (maggiore flusso estratto alla temperatura più alta). Ulteriori test si rendono necessari per determinare l'aumento del flusso permeato attraverso le superfici di niobio applicando un rivestimento di palladio argento sulla superficie esterna dei tubi.

Per quanto riguarda la caratterizzazione della costante di Sievert del piombo litio, una attività sperimentale è attualmente in corso di finalizzazione sulla apparecchiatura sperimentale denominata HyperQuarch. La facility è composta da un crogiolo in tungsteno riempito di una quantità nota di piombo litio inserito all'interno di una camera di quarzo. I test hanno lo scopo di caratterizzare la costante che lega la concentrazione di idrogeno e di deuterio con la pressione parziale degli stessi. Tali test vengono condotti sia in absorption che desorption mode. Le prove che prevedono l'utilizzo di idrogeno sono state completate mentre attualmente è in corso la campagna sperimentale che prevede l'utilizzo di deuterio. Alla fine di questi test sono previsti test in "bianco" ovvero senza piombo litio all'interno della camera al quarzo in modo da verificare che l'idrogeno o deuterio assorbito dalla struttura dell'impianto possa essere ritenuto trascurabile rispetto allo stesso quantitativo che si discioglie all'interno del piombo litio.

Con riferimento alle attività all'interno del task WPENS di EUROFUSION, sono state concluse le prove in "bianco" dell'impianto ANGEL, allestito per la caratterizzazione di quattro tipologie diverse di getter di azoto in litio puro. La prova in bianco è servita per monitorare la cattura dell'azoto da parte delle strutture in acciaio costituenti i barattoli utilizzati per le prove. Inoltre, sono terminate le prove con due delle quattro tipologie di getter considerati e siamo in attesa della analisi chimiche dei campioni prelevati a 4 tempistiche differenti (t=0, due giorni, 7 giorni e 20 giorni).

Con riferimento alle prove sperimentali relative all'impianto LIFUS 6 sono previsti test di corrosione su acciai utilizzati in DONES. Il commissioning dell'impianto è stato avviato e si è provveduto a fare un primo campionamento del litio per analizzare il quantitativo di azoto disciolto inizialmente nel litio. A seguire, il litio è stato trasferito all'interno della trappola calda per rimuovere l'azoto in eccesso contenuto ed è stato fatto un nuovo campionamento le cui analisi chimiche sono tuttora in corso.

Con riferimento allo sviluppo dei materiali strutturali per la Fusione, le attività più significative sono di seguito riportate.

- È proseguito lo sviluppo degli acciai a bassa attivazione per impiego a temperature prossime al limite inferiore di utilizzo (300 °C), come richiesto dal blanket WCLL.
- È stata prodotta una nuova colata modificando la composizione chimica, con contenuto di azoto aumentato, sulla base dei risultati degli esperimenti di irraggiamento tenutisi nel centro di ricerca ad Oak Ridge negli Stati Uniti. Le prove di caratterizzazione sulla nuova lega hanno mostrato una resilienza superiore rispetto ai materiali sin qui prodotti ed auspicabilmente migliore per l'impiego sotto irraggiamento neutronico a bassa temperatura.
- In ambito TBM è continuata la campagna sperimentale dedicata alla caratterizzazione a fatica oligociclica dell'Eurofer 97 nelle condizioni richieste dalla normativa RCC-MR.
- In ambito MAT-Tech è iniziata, con la fabbricazione dei campioni e la distribuzione ai partner di progetto, la campagna sperimentale dedicata alla caratterizzazione dell'influenza sulla vita a fatica oligociclica dell'Eurofer 97 delle ricoperture anti permeazione.

- È iniziata in ambito BB-TBM la campagna sperimentale di caratterizzazione sulle proprietà di permeazione dell'idrogeno dei rivestimenti con allumina su acciaio Eurofer 97 a seguito dell'esposizione all'eutettico piombo litio.
- Sono continuate le attività di modellistica sulla radiolisi dell'acqua finalizzate alla messa a punto e alla pianificazione delle campagne sperimentali di corrosione acquosa per il divertore e per il breeding blanket.
- È continuato il lavoro di progettazione del set-up sperimentale ed è stato acquisito dal centro ENEA della Casaccia il sistema a ricircolo per eseguire le prove sperimentali di corrosione in acqua radiolitica.

A supporto del progetto ITER, attraverso attività di R&S commissionate da ITER-IO, si stanno studiando presso il C.R. ENEA del Brasimone tecnologie per la realizzazione di un coating antipermeazione per il trizio da applicare sulle tubazioni dell'Helium Coolant Pipes (HCPs). Mediante una campagna sperimentale realizzata ad hoc si procederà alla caratterizzazione di diverse tipologie di coating (basate tutte sull'utilizzo di allumina come barriera antipermeazione) e successivamente a questo screening tecnologico si procederà poi con la realizzazione di un mock-up per caratterizzare l'Effective Permeation Reduction Factor (PRFe) sulla tipologia di coating proposto per l'HCPs di ITER.

Nell'ambito del progetto WP EUROfusion "WP18-MST2-20" sono continuate le misure su campioni di interesse fusionistico con il sistema LIBS (Laser-Induced-Breakdown-Spectroscopy) compatto utilizzato sul tokamak FTU nel 2019. Il sistema si è rivelato efficiente e versatile anche in laboratorio ed è stato impiegato in varie configurazioni: in modalità doppio impulso laser (DP-LIBS) effettuando misure in vuoto e in flusso di gas (He e Ar). Le misure LIBS sono state effettuate su campioni con strati superficiali metallici dello spessore di pochi micron, che riproducono la condizione degli strati superficiali previsti per ITER, e in generale negli impianti di prossima generazione quali il DTT. Lo studio è stato focalizzato sull'ottimizzazione delle condizioni sperimentali per la quantificazione degli isotopi dell'idrogeno (H e D) su campioni drogati.

Sono proseguiti gli studi previsti mediante spettroscopia di fotoemissione XPS, con misure, mediante spettroscopia di fotoemissione PES e assorbimento EXAFS, di film sottili superconduttori di YBCO con nanoinclusioni di Gd effettuate presso sincrotroni nazionali (Trieste) ed europei (Grenoble, F). Prosegue lo studio di film a base carbonio (diamante, grafene, ecc.) mediante spettroscopia confocale Raman, da usare come sensori di radiazione UV. È inoltre proseguita la caratterizzazione di film di 6LiF cresciuti mediante evaporazione termica per rivelatori di neutroni termici ibridi a base silicio.

In ambito EUROfusion, ENEA svolge un ruolo importante di coordinamento delle attività di design ingegneristico della soluzione di riferimento del divertore di DEMO; la soluzione di riferimento si deve basare principalmente sulle tecnologie già qualificate che devono essere adattate ai carichi e alle dimensioni di DEMO.

In parallelo, però, sono previste in Eurofusion, anche attività di ricerca e sviluppo di soluzioni alternative tecnologicamente più avanzate con lo scopo di sviluppare e qualificare materiali e processi produttivi in grado di fornire componenti più resistenti e longevi sotto l'irraggiamento neutronico previsto in un reattore. Anche sulle attività di R&D ENEA svolge un ruolo di coordinamento e guida oltre che d'ideazione, realizzazione e caratterizzazione. Nel corso del 2022 sono stati realizzati, ispezionati e caratterizzati meccanicamente numerosi campioni e prototipi sia per i componenti affacciati al plasma, che per la 'cassetta' che li supporta, che per i sistemi di fissaggio.

ENEA partecipa anche ai progetti Eurofusion dedicati al design e alla fabbricazione dei divertori in tungsteno delle macchine W7-X e JT60-SA sia con attività di verifica FEM che con controlli non distruttivi ad ultrasuoni.

In ambito Eurofusion è anche stato sviluppato il design concettuale del divertore e della prima parte della macchina DTT (Divertor Tokamak Test facility) in costruzione nei laboratori di Frascati. Lo sviluppo di questi componenti, e di quelli di interfaccia, svolto in ambito Eurofusion ha permesso di valorizzare la

competenza del gruppo di lavoro coinvolto ed ha contribuito ad accrescere il consenso e l'interesse nei confronti di questo progetto italiano da parte del consesso europeo della fusione nucleare.

Sempre in relazione alle tecnologie avanzate per il divertore, è stata ideata, realizzata e testata una particolare 'maglia' in filato di tungsteno. Questa maglia trova applicazione in una tipologia di divertore a metallo liquido, detta a Capillary Pore System (CPS), studiata per i componenti affacciati al plasma perché presenta, potenzialmente, alcuni importanti vantaggi, come ad esempio la capacità di auto ripararsi. Grazie alla particolare tessitura, la maglia in tungsteno realizzata è in grado, attraverso le forze di capillarità che si generano al suo interno, non solo di trattenere lo stagno liquido durante le operazioni della macchina, ma anche di assicurarne il reintegro a seguito della sua evaporazione o della sua espulsione dovuta ad eventi accidentali (disruzioni). La maglia e il suo processo produttivo sono nella fase finale di brevettazione ed hanno già suscitato l'interesse da parte di numerosi centri di ricerca internazionali.

Un importante contributo è stato dato anche al progetto ITER con una campagna di test meccanici condotti su mock-up degli anelli di precompressione. Gli anelli di precompressione sono componenti realizzati con nastro in fibra di vetro avvolto e impregnato in matrice epossidica. Essi sono posizionati nella regione interna superiore e inferiore delle bobine del campo toroidale (TF) e forniscono un vincolo radiale che ha effetti benefici sulla distribuzione delle forze nel sistema magnetico TF. Sette mock-up con un diametro di 1 m (1/5 della dimensione reale) sono stati forniti da F4E e sono stati testati a fatica e, successivamente, a rottura nel C.R. ENEA di Frascati utilizzando un impianto di prova, progettato e realizzato da ENEA, costituito da 18 attuatori idraulici in grado di riprodurre i carichi previsti durante il funzionamento della macchina.

Nell'ambito del work package WPTFV sono state condotte attività di ricerca sul ciclo del combustibile del reattore DEMO e, in particolare, attività di design dei processi finalizzati al recupero e alla purificazione degli isotopi dell'idrogeno, con particolare riferimento al trizio. Nel 2022 sono state svolte attività sia teoriche, relative a simulazioni e design, sia sperimentali che hanno riguardato lo studio e lo sviluppo di sistemi di recupero del trizio dal refrigerante, dal blanket e dal cosiddetto sistema finale di scarico. Per il recupero del trizio dal refrigerante sono stati studiati due processi distinti: uno per un refrigerante ad acqua ed uno per un refrigerante ad elio. Per entrambi i casi sono stati sviluppati dei codici di calcolo in grado di stimare un primo dimensionamento delle diverse tecnologie a seconda dell'efficienza di purificazione richiesta. Le attività sperimentali hanno interessato dei permeatori in palladio-argento utilizzati per la separazione di idrogeno dall'elio. Le prove sperimentali hanno avuto lo scopo di simulare delle condizioni rilevanti per il concetto di blanket solido per ciò che riguarda i valori di temperatura, pressione e composizione della miscela.

Nel 2022 ha avuto inizio il progetto TITANS (Tritium Impact and Transfer in Advanced Nuclear reactorS) che prevede attività di ricerca e sviluppo nel settore del processamento e controllo del trizio in impianti sia per la fusione, sia per la fissione nucleare ed ha lo scopo principale di fornire supporto tecnico-scientifico in tema di sicurezza e protezione dalle radiazioni. Il programma di attività vedrà coinvolti i laboratori ENEA di Frascati e del Brasimone nello studio del trasporto di trizio nei materiali, nello sviluppo di barriere di permeazione e di sensori di trizio in metalli liquidi.

Nell'ambito delle analisi nucleari per DEMO, sono stati effettuati calcoli di neutronica con il codice Monte Carlo MCNP5 di supporto alla progettazione del divertore e del blanket di tipo Water Cooled Lithium Lead (WCLL). Inoltre, è proseguita l'attività di sviluppo e ottimizzazione del codice Advanced D1S dynamic per le dosi allo shutdown. È stata completata la pre-analisi per l'ottimizzazione della configurazione del W-experiment che sarà effettuato a FNG nel 2023. Nell'ambito degli studi sugli Activated Corrosion Products (ACPs) per il Water Cooled Lithium Lead Test Blanket Module (WCLL-TBM) di ITER sono stati svolti i calcoli per la preparazione del TBM Preliminary Design Review con il codice OSCAR-Fusion.

Sempre in ambito Eurofusion, nel 2022 sono inoltre iniziate alcune attività di supporto alle operazioni di ITER, in particolare per il Work Package PRIO: uno studio di fattibilità per un esperimento sugli ACP al Frascati Neutron Generator (FNG) e lo sviluppo di un sistema di misura per le basse dosi da installare in ITER. Nell'ambito delle attività tecnologiche al JET, sono proseguite le analisi delle misure e le simulazioni

dello Shutdown dose rate benchmark in DT; i test dei rivelatori a diamante per il TBM, le misure di attivazione dei campioni irraggiati e la preparazione di un Water activation experiment per la futura campagna DT. Altre attività hanno riguardato la raccolta dei dati operativi sulla dose occupazionale del JET.

Sono stati inoltre effettuati studi per la progettazione di diagnostiche neutroniche e gamma per JT-60SA. Nell'ambito dei Framework Contracts No. 6000000304 "Design Analysis for the ITER Tokamak Engineering" e 6000000323 "Diagnostic Infrastructure Development and Engineering Service" sono state effettuate le analisi nucleari con il codice D1SUNED per la progettazione e integrazione dei port plug diagnostici di ITER. Sono stati inoltre eseguiti calcoli di neutronica e studi di schermaggio per la progettazione e il licensing di DTT.

Le attività riguardanti le analisi di sicurezza ed affidabilità per il futuro reattore DEMO hanno ottenuto come principali risultati:

- a) l'aggiornamento del contributo al "Generic Site Safety Report" relativo alla identificazione dei sistemi rilevanti per la sicurezza, alle analisi probabilistiche e deterministiche delle sequenze incidentali definite da guasti nei circuiti di refrigerazione dei componenti affacciati al plasma, alla valutazione della dose occupazionale, alla valutazione dei prodotti corrosione attivati e dei rifiuti radioattivi;
- b) l'analisi di rischio dei sistemi del Ciclo del Combustibile;
- c) l'analisi dei guasti nel sistema ECRH.

Nell'ambito delle analisi di sicurezza promosse da EUROfusion, sono state condotte analisi di sicurezza probabilistiche e deterministiche per uno dei sistemi previsti per i Test Blanket Modules di ITER, il Water Cooled Lithium Lead (WCLL).

Nell'ambito delle attività di progetto di DEMO, è stata sviluppata una nuova e più dettagliata versione del "Room Book", che consiste di una raccolta di dati rilevanti per la sicurezza all'interno delle varie zone di impianto.

Nell'ambito del progetto DONES le attività principali hanno riguardato:

- a) le analisi di sicurezza per l'identificazione di incidenti del sistema Litio ed incidenti durante le operazioni di manutenzione robotizzata,
- b) una classificazione preliminare di sicurezza delle componenti del sistema litio al fine di identificare i principali requisiti di sicurezza di tale sistema;
- c) l'aggiornamento dell'analisi RAMI per il sistema Litio tenendo conto degli aggiornamenti di progetto e l'inserimento del contributo del sistema di strumentazione e controllo,
- d) una analisi del sistema di alimentazione dei sistemi a radio frequenza dell'acceleratore LIPAc situato a Rokkasho (Giappone) ed il coordinamento delle analisi di affidabilità dei sistemi di impianto.

Nell'ambito del progetto DTT, sono state condotte analisi di sicurezza per identificazione eventi incidentali e preparazione di modelli di calcolo per la valutazione dei prodotti di corrosione attivati. Si è inoltre effettuata una analisi preliminare delle specifiche per il sistema di stoccaggio del waste.

Nel 2022 sono stati forniti servizi di irraggiamento con il generatore di neutroni a 14 e 2,5 MeV dell'impianto FNG a vari operatori esterni (INFN, CEA, CNR-Milano). Sono proseguite le attività nell'ambito del progetto RADNEXT tramite il quale hanno avuto accesso presso FNG due gruppi di ricerca internazionali per lo studio degli effetti delle radiazioni su sistemi elettronici.

E' continuata la messa a punto della produzione di film di diamante monocristallino ad elevata purezza e del sistema di deposizione dei contatti metallici finalizzate sviluppo di diagnostiche e a diamante sintetico. In particolare, nel 2022 è stato completamente riprogettato il piatto porta campioni della macchina di deposizione CVD in modo tale da aumentare il raffreddamento del campione durante la crescita. Tutti questi miglioramenti, in aggiunta a specifiche sperimentazioni su differenti geometrie di substrati al fine di

ottimizzare il confinamento del plasma ed il posizionamento della scarica sul campione, hanno permesso di ottenere campioni di migliore cristallinità così come verificato mediante indagine Raman.

Il contratto F4E-FPA-327-SG07, dedicato ad attività di prototipazione ed alla progettazione finale della Radial Neutron Camera (RNC) di ITER, è continuato con la preparazione del Preliminary Design Review del sottosistema Ex-port RNC. E' stata completata la progettazione tutto il sistema di rivelazione e schermaggio della parte Ex-port della diagnostica nonché del sistema di raffreddamento per i rivelatori neutronici nell'Ex-Port RNC. Queste attività hanno comportato 3 successive consegne dei disegni tecnici CAD su ENOVIA. Sono state definite le loads specifications e successivamente sono state eseguite le analisi meccaniche, termiche, nucleari ed elettromagnetiche. E' stato scritto l'intero pacchetto di documentazione necessario per il Preliminary Design Review del sistema Ex-port. Sono stati definiti i piani per i test sul prototipo di rivelatore a scintillazione a  $^4\text{He}$ - detector (in costruzione presso la ditta Arktis). Analoghi piani sono stati preparati per i sensori di posizione del sottosistema Ex-port (position monitoring system) nonché per i preamplificatori di tutti i rivelatori neutronici (sia In-Port che Ex-Port).

E' proseguita la partecipazione on-site a ITER di un Project Associate nell'ambito del cooperation agreement tra ENEA e ITER Organization. L'attività riguarda l'Interface & Control per le diagnostiche di ITER, lo sviluppo di acquisizione per sistemi diagnostici real-time ed il supporto alla diagnostica RNC.

In ambito Eurofusion è iniziato il task WPTE-4.Upgrade.WEST-T001-D001 che prevede l'utilizzo sul tokamak WEST della diagnostica REIS (Runaway Electron Imaging Spectroscopy system) che misura spettri e immagini da radiazione di sincrotrone prodotta da elettroni runaway in tokamak. La diagnostica è stata interamente realizzata, testata e spedita a WEST nel 2022 e verrà installata sulla macchina nel corso del 2023.

E' iniziata la progettazione delle diagnostiche neutroniche e per runaway electrons di DTT, in particolare, rispettivamente:

- 1) monitor di resa neutronica, sistema di attivazione neutronica, camera neutronica/gamma e spettrometro a tempo di volo,
- 2) REIS e Cerenkov probe.

Nell'ambito delle campagne JET DTE2 sono state realizzate misure di spettroscopia neutronica e profilo di emissione neutronica, rispettivamente, tramite gli spettrometri neutronici KM12 (CNS) e KM13 (VNS) e la Neutron Camera (KN3NB e KN3NU).

Per quanto riguarda la macchina Proto-sphera, sono state svolte nel 2022 (aprile-giugno e novembre-dicembre) due campagne sperimentali che non hanno purtroppo risolto completamente le problematiche evidenziate nella campagna sperimentale '20-'21. Si è ottenuto il miglioramento della simmetria alto/basso del toroide di plasma e ripristinato il corretto fluire della corrente di Pinch anche nella parte inferiore dell'esperimento. A causa dell'influsso di impurezze si è avuta una limitazione della durata dell'impulso di plasma a 300 ms (a differenza della durata di 1 sec precedentemente ottenuta). Si stanno apportando opportune modifiche per provare a limitare l'ingresso di impurezze.

- Sono stati effettuati la maggior parte dei lavori previsti per lo spostamento dell'esperimento proto-sphera per lasciare spazio ai lavori di costruzione degli edifici DTT.
- Sono stati presentati tre contributi all'International Spherical Torus Workshop di Pechino (Cina), riguardanti i risultati ottenuti da Proto-Sphera nella campagna sperimentale 2020-2021.

Nel corso del 2022 è stata definita la procedura operativa di caratterizzazione dei materiali provenienti dalla dismissione dell'impianto Tokamak FTU in accordo con il Piano di Caratterizzazione e le prescrizioni ricevute da parte dell'Autorità di Controllo ISIN.

Durante la fase di pre-caratterizzazione della procedura di smantellamento, sono state effettuate misure di spettrometria gamma in situ mediante il sistema ISOCS su una parte dei materiali disponibili alla misura, finalizzate alla determinazione quantitativa degli eventuali radionuclidi gamma emettitori.

Contestualmente sono state effettuate misure di scintillazione liquida su campioni di acciaio finalizzate alla determinazione quantitativa degli eventuali radionuclidi beta emettitori.

Sono inoltre stati condotti, presso la facility Calliope, test di irraggiamento gamma su differenti materiali e componenti per applicazioni in ITER. In particolare, sono stati testati (fino a dosi di 1 MGy) e caratterizzati con tecniche ottiche e spettroscopiche diversi tipi di WLS depositati su substrati riflettenti, da impiegare come rivestimento interno degli scintillatori ad He-4, fibre ottiche, sensori e connettori metallici (fino a dosi di 6 MGy) per il magnete ed il Vacuum Vessel, una serie di prototipi di feedthrough ottici ed elettrici e di componenti isolanti (fino a dosi di 6 MGy) oggetto di gara assegnata mediante contratto (CONTRACT NUMBER – IO/22/CT/4300002710).

Relativamente alle attività di collaborazione nazionali e internazionali (Progetti Europei, ITER, campagne sperimentali JET, EUROfusion) nel campo della Fisica della Fusione:

- sono proseguite le attività relative alla realizzazione dello spettrometro VUV da destinare al JT-60SA;
- nell'ambito del primo Experiment Team Coordination Meeting di JT-60SA, si è partecipato alla stesura di un documento contenente l'elenco delle attività di analisi e modellizzazione ritenute prioritarie nella fase precedente le prime operazioni della macchina, i requisiti diagnostici e dei sistemi di controllo, e una lista preliminare delle principali attività scientifiche durante le prime campagne sperimentali, previste nel biennio 2025-2026. L'ENEA ha ottenuto il coordinamento ("Topical Group Leader") del gruppo "MHD Stability and Control", uno dei sei gruppi tematici di JT-60SA;
- sono stati curati i contributi al programma del WP TE (Tokamak Exploitation) di Eurofusion, che prevede la partecipazione alle campagne sperimentali sulle macchine internazionali AUG, TCV, WEST, e MAST-U nonché ai programmi già in corso presso il JET per FP9 2021-25;
- è stato curato il contributo al programma del WPDC (DEMO diagnostics) di Eurofusion, che prevede il coordinamento dello sviluppo e il design della diagnostica Electron Cyclotron Emission (ECE) per l'esperimento DEMO per le misure di temperature sul plasma e l'attuazione del real-time control della macchina;
- sono proseguite le attività EUROfusion nell'ambito del progetto "enabling research" AWP21-ENR-03/MPG-01 (PI Ph. Lauber; co-PI M. Falessi) su "Advanced energetic particle transport models";
- sono proseguite le attività EUROfusion nell'ambito dei progetti "theory, simulation, verification and validation" TSVV/MPG-04 (PI A. Mishchenko) su "Physics of burning plasmas" e TSVV/EPFL-01 (PI J. Ball) su "Physics properties of strongly shaped configurations";
- sono continuate le attività del Center for Nonlinear Plasma Science (CNPS) per coordinare la collaborazione bilaterale con la CINA (University of Science and Technology of China, Hefei, e Institute for Theory and Simulation, Zhejiang University, Hangzhou) su teoria e simulazione. In particolare modo, la collaborazione ha riguardato il Burning Experimental Superconducting Tokamak (BEST) e DTT;
- sono continuate le attività del CNPS in collaborazione con KSTAR (Daejeon, Corea del Sud) nell'ambito della "Trilateral Collaboration on Energetic Particle Physics";
- è stata presentata la proposta per un progetto congiunto ENEA-Southwestern Institute of Physics su "Impatto delle particelle veloci sulla turbolenza e sui processi di trasporto in plasmi fusionistici" nell'ambito del bando MAECI-NSFC (National Science Foundation of China) per progetti di grande rilevanza "on large Italian and Chinese research infrastructures";
- sono proseguite le attività ENEA del progetto Enabling Research ENR-IFE.01.CEA "Advancing shock ignition for direct-drive inertial fusion", che hanno riguardato il gruppo INER ed il gruppo NIXT:
  - attività di sperimentazione del gruppo INER con il laser ENEA-ABC per la caratterizzazione dell'interazione laser con materiali porosi a scala micrometrica (foam) in collaborazione con il gruppo della Professoressa O. Rosmej del centro GSI di Darmstadt;

- attività di sperimentazione del gruppo INER con il laser ENEA-ABC per la caratterizzazione dell'interazione laser con materiali porosi a scala micrometrica (foam) ottenuti mediante metodi innovativi di additive manufacturing in collaborazione con il gruppo del Prof. M. Malinauskas del Laser Research Center dell'Università di Vilnius, e del Prof. T. Baldacchini dell'Università della California a Irvine (USA);
- inizio della collaborazione del gruppo INER con il Politecnico di Milano, per lo studio della fisica associata alle interazioni laser con materiali nanostrutturati. A tal fine è stata definita una campagna sperimentale da svolgere nel 2023 mediante il laser ABC dell'ENEA;
- organizzazione dal gruppo INER della campagna sperimentale sulla caratterizzazione dei campi elettromagnetici EMP presso il laser Vulcan Petawatt. L'esecuzione di tale campagna era stata bloccata nel 2020 dalla pandemia Covid-19, e si dovrà svolgere nel 2023;
- realizzazione dal gruppo INER di un detector a tempo di volo al diamante, in struttura stack costituita da 3 diamanti in cascata, in collaborazione con l'Università di Tor Vergata. Tale struttura avanzata è stata pensata per l'identificazione e la spettroscopia di particelle mediante schemi a tempi di volo, in esperimenti laser-materia;
- definizione e messa a punto dal gruppo INER di due spettrometri magnetici per elettroni a bassa-media energia (5-500 keV e 100-1000 keV, rispettivamente); completamento del design di un rivelatore a tempo di volo basato su uno scintillatore a grande area; di tali detector è iniziata la costruzione;
- è stata eseguita dal gruppo INER una campagna sperimentale sulla reazione di fusione nucleare p-11B con il laser petawatt VEGA III del centro CLPU di Salamanca, volta alla valutazione del possibile impiego di tale laser ad alta energia e alta ripetizione per schemi di fusione inerziale e per implementazione di sorgenti alfa ad alta intensità;
- è stato sviluppato dal gruppo NIXT un rivelatore innovativo di tipo GEM ad ingresso laterale per spettroscopia a raggi X per plasm laser e provato sulla facility laser dell'Istituto INO del CNR di Pisa.
- Il progetto 'Libero' è stato approvato e finanziato dal bando EUROfusion Technology Transfer FUTTA III del 2022. Il progetto riguarda il trasferimento tecnologico per il brevetto ENEA "Method of generation of electromagnetic fields of high intensity", (PCT/IB2020/057464), per tecnologie sviluppate in ambito di attività EUROfusion, e in particolare per le attività di fusione inerziale dei bandi Enabling Research;
- sono stati approvati da Laserlab-Europe AISBL i due Expert group proposti nel 2021, denominati "Micro- and nano-structured materials for experiments with high-power lasers" e "Laser generated electromagnetic pulses". Entrambi sono a coordinamento generale ENEA. Un nuovo Expert Group: "Laser-driven ICF/IFE" è stato definito ed approvato, con coordinamento ENEA del WP4: "Experiments on existing facilities".
- è stata approvata la partecipazione al progetto "PROton BORon Nuclear fusion: from energy production to medical applicatiOns ("PROBONO") finanziato dall'azione COST (European Cooperation in Science and Technology) e ne sono iniziate le attività;
- nell'ambito del Programma Proof of Concept ENEA 2020.02, sono state avviate e completate con successo le attività della proposta finanziata "Generazione di campi elettromagnetici ad alta intensità, con rapidi tempi di salita e distribuibili su grandi estensioni volumetriche, ottenuti mediante interazione laser-materia ad alta energia e potenza" attraverso l'assegnazione di una borsa di studio e l'acquisizione di componenti di un sistema avanzato di rivelazione elettroottica di campi elettromagnetici RF;
- nell'ambito dei Coordinated Research Projects (F13020) dell'IAEA (International Atomic Energy Agency): "Pathways to Energy from Inertial Fusion: Materials Research and Technology Development", le attività ENEA della proposta triennale: "Advanced research activity on materials, technologies and devices for Inertial Confinement Fusion" sono state portate avanti ed è stato prodotto un rapporto



intermedio durante il "2nd Research Coordination Meeting CRP Pathways to Energy from Inertial Fusion –Materials Research and Technology Development (F13020)", tenutosi online a giugno 2022.

- nell'ambito dell'Horizon Europe Work Programme 2021-2027 "Research Infrastructures", è stata approvata e finanziata la proposta ReMade@ARIE sottomessa in risposta alla call "HORIZON-INFRA-2021-SERV-01-04", coordinata dall'Istituto HZDR (Germania), per l'accesso di utenti esterni agli impianti ENEA ABC e CETRA, e ne sono iniziate le attività;
- è stata sviluppata una infrastruttura THz a Frascati, per la realizzazione di una diagnostica del plasma e per lo studio di componenti e materiali di rilevanza per la fusione nucleare ed altre attività. È stata acquistata e messa in funzione strumentazione di laboratorio, mentre la strumentazione esistente è stata riparata, adattata e reimpiegata. L'attività è stata effettuata in collaborazione con i Laboratori Clarendon del Dip. di Fisica dell'Università di Oxford;
- è stata assicurata la partecipazione alle campagne sperimentali JET, per l'analisi dei dati, relativi ai seguenti aspetti: plasma disruption mitigation, plasma control e Real Time, Validazione dati diagnostiche ECE e Thomson Scattering;
- è stata garantita la partecipazione diretta alle operazioni JET come responsabile delle diagnostiche (DCO);
- è stata assicurata la partecipazione alle attività ITER ITPA DIAGNOSTICS committee come Expert on Microwave diagnostics;
- è stata sviluppata una diagnostica ECE per DEMO in ambito WPDC;
- è stata garantita la supervisione dei lavori infrastrutturali per l'operatività dei laboratori, curando l'interazione con le ditte di manutenzione ed installazione di impianti idrici, elettrici e termici, la preparazione delle richieste e delle specifiche di lavoro, e lo smaltimento dei materiali obsoleti;
- il progetto per gli studi in preparazione al Technical Design Report di EuPRAXIA, EuPRAXIA Preparatory Phase, ha vinto il finanziamento nell'ambito della Call europea Horizon-INFRA-2021-DEV-02 programma quadro Horizon-Europe, ed è iniziato il 01-12-2022. L'ENEA risulta leader del WP9 su RF, magnets and beamlines;
- il progetto LEAPS-INNOV sul trasferimento tecnologico delle conoscenze legate agli impianti Free-Electron Laser e agli ondulatori magnetici, è proseguito con la partecipazione al Training about IP protection and Exploitation of WG6 Technology, svoltosi a Trieste il 24-08-2022;
- differenti contributi del gruppo ENEA di Laser ad Elettroni Liberi sono stati presentati come Poster alla FEL2022 Conference, tenutasi dal 22-08-2022 al 26-08-2022 a Trieste. Gli argomenti trattati coprono la FEL Performance della facility EuPRAXIA@SPARC\_LAB, la FEL Performance di un innovativo schema di accelerazione laser-wakefield a ionizzazione multi-impulso e, infine, gli ondulatori della facility EuPRAXIA@SPARC\_LAB;
- nell'ambito dell'accordo di collaborazione ENEA-INFN, sono stati pubblicati i lavori sui primi esperimenti di generazione di radiazione FEL pilotato da fascio accelerato a plasma con tecnica beam-driven, con e senza Laser iniziale di Seeding dell'interazione FEL, sulle prestigiose riviste scientifiche Physical Review Letters e Nature;
- è stata garantita la partecipazione al comitato di indirizzo ENEA INFN in rappresentanza del Dipartimento;
- nell'ambito del programma di network COST – European Cooperation in Science and Technology, la proposta "COSMIC WISPers in the Dark Universe: theory, astrophysics and experiments" ha ottenuto il finanziamento. L'interesse del network in questione per le tecnologie a microonde presenti all'interno del Laboratorio FSN-PLAS-PAX porterà allo sviluppo di ulteriori progetti di ricerca;

- nel campo della Dosimetria e Radioprotezione sono stati studiati i prodotti di decadimento del radon mediante un rivelatore pixellato con semiconduttore al Cadmio-Tellurio accoppiato con un ASIC di tipo Timepix3 (sviluppato al CERN di Ginevra). L'uso innovativo di tale rivelatore è stato presentato al congresso AIRP a Milano a settembre 2022 dalla studentessa di Dottorato Antonella Tamburrino che lavora presso il laboratorio NIXT e che le è valso il primo premio giovani;
- in collaborazione con il CERN si è partecipato al progetto Ardent per la dosimetria e il monitoraggio dei fasci gamma per radioterapia e ioni carbonio per adroterapia mediante il rivelatore ibrido GEMPix; è stata presentata la proposta di un progetto Marie Curie per Flash-Therapy nel quadro della collaborazione con Ardent.
- Nell'ambito delle attività svolte presso la facility nToF del CERN si è partecipato alle misure di neutroni ad ampio spettro continuo, con Timepix3 con diamante, il cui prototipo è stato realizzato a Frascati in collaborazione con l'INFN di Frascati;
- in merito alla collaborazione con WEST è stato effettuato un sopralluogo ed è in preparazione lo studio di fattibilità per l'installazione di sensori per HX-Ray e neutroni;
- sono stati individuati i nuovi locali per il Laboratorio NIXT ed è in corso la fase di allestimento con l'acquisto di hardware per la remotizzazione degli esperimenti;
- è stata svolta, in collaborazione con INAF, l'attività sperimentale per ripristinare l'analizzatore di particelle neutre, originariamente sviluppato nell'ambito dei pre- test sul rivelatore U-GAS;
- è stata effettuata la progettazione e lo sviluppo di un prototipo del sistema di acquisizione dati per i test in Port Plug Test Facility (PPTF) della Radial Neutron Camera (RNC) di ITER;
- sono state emesse le specifiche per hardware e software per l'integrazione del sistema di controllo e acquisizione dati della RNC;
- è stata effettuata la gestione delle interfacce (meccaniche, elettriche, idrauliche e con altri sistemi) per il sottosistema In-Port della RNC a livello di Preliminary Design;
- è stata effettuata la definizione preliminare delle interfacce del sottosistema Ex-Port della RNC;
- sono proseguite le attività di coordinamento delle attività di progettazione del Sistema di Strumentazione e Controllo dell'impianto IFMIF/DONES e del disegno preliminare della logica di controllo di DONES;
- Le attività inerenti al Joint European Torus (JET) hanno riguardato da un lato le analisi e la modellizzazione dei dati ottenuti negli esperimenti delle campagne sperimentali in trizio e in deuterio-trizio svoltesi nel 2021 e dall'altro la realizzazione di nuovi esperimenti al fine di fornire i riferimenti in deuterio per gli studi di maggiore rilevanza scientifica. Nella seconda parte del 2022 si sono svolte inoltre le prime campagne sperimentali JET in ambito Work Package Tokamak Exploitation (WPTE), che hanno visto la partecipazione di ricercatori in ENEA sia nei ruoli di controllo delle operazioni sia nel supporto allo sviluppo degli scenari esplorati in qualità di esperti MHD;
- si è partecipato al gruppo ITPA Topical Group on Energetic Particle Physics, con presentazioni ai meeting periodici
- si è fornito un contributo ai lavori del gruppo diagnostiche per ITER ITPA, con particolare riferimento alle diagnostiche a microonde. Partecipazione alla redazione dell'articolo di review ITPA su Nuclear Fusion, con un contributo sulle diagnostiche THz-FIR e microonde;

#### Attività in ambito DTT:

- nell'ambito del subtask PHY-PDG-01, "Physics Diagnostic Project", è stata condotta l'attività di coordinamento e, in particolare, sono stati analizzati i fenomeni di trasporto di particelle energetiche su DTT dovute al "magnetic ripple"; inoltre, è stato effettuato uno studio preliminare dell'effetto delle fluttuazioni Alfvéniche sul trasporto degli ioni sovratermici;

- coordinamento delle attività di studio della stabilità del plasma di DTT nell'ambito del gruppo di lavoro "MHD Stability, Control and Disruptions", in particolare attività di preparazione e scrittura delle Call di Servizi per i Soci, per gli anni 2022 e 2023;
- studio della stabilità ideale con bassi numeri d'onda toroidali n per lo scenario di riferimento Full Power (E1, completamento) e per lo scenario di Day0 (A1), e studio dei margini di stabilità, nell'ambito della Call "MHD Stability Studies" (PHY-MHD-MSS);
- studio preliminare per scenario a Triangolarità Negativa e confronto con scenari analoghi a Triangolarità Positiva, nell'ambito della Call "MHD Stability Studies" (PHY-MHD-MSS);
- studio della stabilità resistiva per lo scenario Full Power (E1, completamento) e per lo scenario di Day0 (A1), nell'ambito della Call "MHD Stability Studies" (PHY-MHD-MSS);
- Project Leader della Call "Data archiving and management system - IMAS" (PHY-PLS-DAM);
- Project Leader della Call "Auxiliary Heating Physics" (PLS-TEN-04018): le attività del 2022 riguardano l'esecuzione del subtask 2.1 "Use of the TORIC code to evaluate the effects on the plasma in selected scenarios provided by JINTRAC";
- partecipazione alla Call "Plasma Exhaust: SOLPS-ITER modelling" (PHY-PEX-PEP) per lo studio dell'effetto del "dome" sulle performance del divertore e sulle proprietà di pompaggio e di compressione dei neutri; studio dell'antenna ICRH per DTT e attività di modelling, nell'ambito del task 1.4.5\_10.1 e 4.11.2.3.1\_001;
- design e sviluppo del sistema di controllo di DTT, nell'ambito del subtask CODAS 4.9.4\_2;
- analisi di fattibilità di scenari a bassi valori del fattore di sicurezza q95 (nell'ambito del subtask 1.5.2\_7.2.3) e uso preliminare di un modello real-time per DTT con RAPTOR (nell'ambito del subtask 1.5.2\_7.2.4);
- applicazione dell'ICRH al problema del Wall Cleaning (nell'ambito del subtask 1.4.5\_10.3.1)

È proseguita la partecipazione ai seguenti gruppi internazionali:

- OECD IEA, Fusion Power Co-ordinating Committee;
- IAEA, International Programme Advisory Committee for Technical Meeting on Energetic Particles in Magnetic Confinement Systems;
- IAEA, Working Group "Nuclear Power Plant Instrumentation and Control"
- OECD NEA, Working Group on Human and Organizational Factors (WGHOFF)

**Obiettivo Specifico FSN.OS.03 – Mantenere l'impegno nel campo delle applicazioni nucleari sviluppando attività di R&S sui reattori innovativi, i dati nucleari, la security e la produzione, tramite facility di irraggiamento, di radioisotopi; garantire il ruolo di Gestore del Servizio Integrato per la caratterizzazione radiologica, la gestione dei rifiuti radioattivi, la gestione della chiusura del ciclo del combustibile.**

Durante il corso del 2022 sono proseguiti i test di irraggiamento gamma (facility Calliope) per valutare le prestazioni di tenute da vuoto che impiegano materiale ferrofluidico, nell'ambito del progetto SORGENTINA RF, simulando dosi equivalenti fino a due anni di attività. A seguito dell'irraggiamento la tenuta testata è stata messa in rotazione su banco da vuoto, verificando l'assenza di danneggiamento.

Nel corso del 2022 sono stati condotti numerosi test di irraggiamento di componenti ottici, sensori ed optoelettronici e test di qualifica per sistemi e componenti elettronici per applicazioni spaziali, richiesti sia da utenti pubblici (ASI, INFN, Università) che privati (Thales Alenia Space, LIKA, Media Lario s.r.l., IMT s.r.l., Caen, Paradigmtech, Alter Technology). Sempre in ambito Spazio, è stato stipulato un contratto di collaborazione con l'Università degli Studi della Tuscia (Prot. ENEA/2022/43058/FSN FISS) per attività nel campo dell'Astrobiologia e proseguono le collaborazioni con il CNR per lo studio di componenti magnetici,

con il Dipartimento SSPT (studio e test su matrici biologiche vegetali, sistemi in vitro ed in vivo) e con l'Università di Roma La Sapienza (DIAEE).

Nell'ambito del Bando ASI "Attività relative al supporto allo sviluppo di progetti/esperimenti scientifici nell'ambito dell'Astrobiologia" (Prot. DC-DSR-UVS-2022-231) è stato presentato il Progetto CRYPTOMARS (proponente Università degli Studi della Tuscia), per lo svolgimento di indagini -omiche su comunità criptoendolitiche antartiche come proxy per la ricerca della vita su Marte. Nel Progetto sono coinvolti laboratori delle divisioni FISS, TECFIS e PLAS. È stato inoltre presentato il Progetto SIRIUS relativo allo sviluppo di un propulsore al plasma per missioni cubesat (proponente Scuola di Ingegneria Aerospaziale di Roma) nell'ambito del Bando ASI "Tecnologie Spaziali Innovative".

Nel mese di febbraio 2022 è stato avviato il Programma "ASIF – fase 2, Sviluppo Operativo" che vede la partecipazione, oltre che delle facility Calliope, FNG ed i reattori Triga e Tapiro già presenti nella fase precedente, anche dell'impianto Top-Implart e degli acceleratori Rfx e Techea. Questa seconda fase del Programma prevede la completa standardizzazione degli impianti secondo i requisiti Spazio e la piena operatività del sito ASIF gateway (già in fase di testing per la facility Calliope e FNG) per l'accesso degli utenti interessati agli irraggiamenti in ambito Spazio.

Proseguono inoltre le collaborazioni con il Dipartimento SSPT per attività relative all'effetto delle radiazioni gamma (facility Calliope) su sistemi biologici vegetali per applicazioni Spazio e per lo studio dell'effetto di mitigazione delle radiazioni con materiali innovativi.

È stato inoltre rinnovato, per ulteriori 5 anni, l'Accordo Quadro ENEA -ASI (Delibera n. 37/2022/CA) che ha lo scopo di avviare collaborazioni nel campo della Medicina e Biotecnologie, Osservazione della Terra, Osservazione dell'Universo, Tecnologie e Trasferimento Tecnologico e Ambiente e Clima spaziale. È stata inoltre avviata una collaborazione diretta con ASI al fine di predisporre uno studio di pre-fattibilità sulla possibilità di realizzare un reattore nucleare per applicazioni spaziali, avendo in mente la fornitura di potenza ad una base lunare.

Relativamente al PNRR, ENEA partecipa come partner al Partenariato Esteso PE15 "Attività Spaziali", nell'ambito del quale è stata presentata la proposta Space It Up (in fase di valutazione), a cui prendono parte, con attività ancora in via di definizione, i Dipartimenti FSN, TERIN e SSPT.

Sono proseguite le attività previste dal Contratto di collaborazione in essere con il Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Milano Bicocca per lo studio di materiali e scintillatori nanostrutturati, portando alla pubblicazione di un lavoro sulla rivista Nature Photonics (Nat. Photon. 16, (2022) 860–868, DOI: 10.1038/s41566-022-01103-x).

Nell'ambito dell'Accordo con il Kungliga Tekniska högskolan (KTH, Svezia), School of Electrical Engineering and Computer Science sono stati condotti i primi test di irraggiamento gamma (fino a dosi pari a 90 kGy) per lo studio di dispositivi SiC BJT e circuiti integrati di varia tipologia. Ulteriori test, che prevedono anche la valutazione dell'effetto termico durante gli irraggiamenti, sono in programma per il 2023.

Prosegue la collaborazione con INFN, CERN (CMS – fase 2) e SuperKEKB (Belle 2, Giappone) per diverse tipologie di materiali, rivelatori e sistemi che trovano applicazione in esperimenti di Fisica delle Alte Energie. Tali collaborazioni comprendono anche lo svolgimento di un Dottorato in Fisica degli Acceleratori, svolte in parte presso il Laboratorio FSN FISS SNI.

Nel 2022 sono infine stati condotti test di qualifica mediante irraggiamento gamma (facility Calliope) di provini di matrici cementizie per il condizionamento di rifiuti radioattivi (Commissionati da Nucleco S.p.A.). Nuovi test sono in programma per il 2023.

Ulteriori campagne di irraggiamento gamma per applicazioni nucleari sono state condotte su materiali polimerici per cavi (Tratos S.p.A., Italia), sistemi e componenti elettronici (Alter Technologies, Francia), telecamere e sistemi per ispezioni (ISEC, Svezia).

Oltre alle campagne di irraggiamento finalizzate a test di danneggiamento neutronico su campioni di vario genere, richiesti da enti di ricerca esterni e Università, è stata eseguita la prima parte della campagna

sperimentale prevista dall'accordo con il CEA, incentrato sull'analisi di dati nucleari di attinidi minori, d'importanza sia per la fase finale del ciclo del combustibile nucleare che per il trattamento dei rifiuti radioattivi a lunga vita media.

Nel corso dell'anno 2022 è stato stipulato un nuovo accordo di collaborazione con il CEA, focalizzato su reattività, attivazione e indici di spettro in diversi canali sperimentali del reattore RSV TAPIRO. Il nuovo Accordo ha le medesime caratteristiche e tematiche di interesse del precedente, è estremamente strategico per ENEA e propedeutico per l'accesso alle opportunità aperte dalle attività di ricerca e sviluppo sui reattori di quarta generazione.

Nel corso del 2022 è stato firmato un Accordo di Collaborazione tra l'ENEA e l'Università di Roma "Foro Italico" finalizzato alla ricerca e sviluppo di tecniche e metodologie teorico-sperimentali utili all'analisi e classificazione di campioni di diversa origine ai fini della sicurezza igienico-sanitaria e dell'impatto sulla salute stessa. Le attività saranno incentrate principalmente sull'utilizzo del reattore TRIGA RC-1.

È in corso di avvio una collaborazione tra l'ENEA, Laboratori Reattori Nucleari di Ricerca, e l'INRIM, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologia, con l'obiettivo di creare una stazione di misura tramite interferometria neutronica presso il reattore TRIGA RC-1. La postazione sperimentale sarà di grande interesse per il mondo scientifico universitario.

Il Dipartimento FSN partecipa al progetto SECURE che fa riferimento alla tematica "Secure and Safe Supply and Use of Radioisotopes", i cui principali obiettivi riguardano soprattutto lo sviluppo di tecnologie innovative di produzione di radionuclidi per uso medico (diagnosi e/o terapia), considerando sia i reattori a fissione, sia metodi alternativi anche basati su acceleratori e prendendo in considerazione tutti gli aspetti di waste management (EURAD), sicurezza nucleare e problemi di proliferazione nucleare.

Il Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica e Gestione Rifiuti Radioattivi della Divisione FISS, ha svolto e svolge tuttora numerose attività di servizi analitici e di consulenza specialistica per conto terzi per la determinazione e quantificazione, ai fini dello smaltimento, di radionuclidi alfa, beta e gamma emettitori presenti in campioni di diverse matrici e individuazione, in situ e in laboratorio, di materiali nucleari.

Il Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica, nell'ambito della caratterizzazione dei rifiuti, partecipa al Progetto MICADO, al Progetto PREDIS, al Progetto CLEANDEM, e al Progetto HARPERS nell'ambito del programma Horizon 2020. Il primo ha l'obiettivo di migliorare la gestione dei rifiuti radioattivi e le attività di smantellamento, proponendo un metodo economicamente efficace per la caratterizzazione non distruttiva dei rifiuti radioattivi, definendo un processo di digitalizzazione associato e creando un "database" su cloud per la gestione dell'inventario dei rifiuti; il secondo ha il duplice obiettivo di sviluppare soluzioni per il trattamento e il condizionamento di particolari rifiuti in quei paesi dove attualmente non sono disponibili soluzioni adeguate, e di migliorare la sicurezza durante le fasi di gestione dei rifiuti stessi. Il Progetto CLEANDEM propone, invece, una rivoluzione tecnologica nelle fasi operative di smantellamento e disattivazione (Decommissioning and Dismantling, D&D) di siti nucleari: la strategia CLEANDEM si baserà su sistemi tecnologici innovativi che costituiranno una "cassetta degli attrezzi" per equipaggiare una piattaforma robotica intelligente per operazioni completamente remote, con lo scopo di fornire un "cyber" sistema fisico che supporterà le operazioni degli utenti finali, effettuando inizialmente una valutazione radiologica dell'area e quindi monitorando le operazioni di D&D durante tutta la caratterizzazione dell'impianto.

Il Laboratorio di Caratterizzazione Radiologica partecipa al progetto H2020 denominato HARPERS (Harmonized Practices, Regulations and Standards in Waste Management and Decommissioning), che mira a stabilire e chiarire i vantaggi e il valore aggiunto di regolamenti, pratiche e standard più allineati e armonizzati all'interno dell'Unione Europea, nella disattivazione e nelle fasi iniziali della manipolazione dei rifiuti radioattivi, nonché nelle eventuali strutture condivise di trattamento, stoccaggio e smaltimento tra gli Stati membri.

È stato garantito il ruolo di Gestore del Servizio Integrato per la caratterizzazione radiologica e la gestione dei rifiuti radioattivi attraverso tutte le fasi del ciclo di gestione dei rifiuti stessi, nonché delle sorgenti non più utilizzate del settore medico-sanitario, dell'industria e della ricerca scientifica. In tale ambito, il D.lgs.

101/2020, attuativo della Direttiva EURATOM 2013/59 Euratom, ha attribuito al Servizio Integrato ulteriori funzioni quali:

- accordo con il Gestore del Servizio Integrato che disciplina il trasferimento a quest'ultimo della proprietà della sorgente e il pagamento dei fondi necessari per il relativo condizionamento, stoccaggio di lungo periodo e smaltimento in un deposito finale;
- gestione delle sorgenti radioattive esaurite ad alta attività dismesse;
- collaborazione con le autorità e gli operatori del settore nel rinvenimento e messa in sicurezza di sorgenti orfane.

Tali funzioni sono svolte dall'ENEA in collaborazione con la società partecipata NUCLECO, la quale assicura che siano svolte tutte le attività di trattamento, condizionamento, deposito temporaneo o smaltimento in esenzione, quando possibile. Annualmente viene effettuato un incontro con gli Operatori afferenti al Servizio Integrato con lo scopo di favorire il confronto tra gli Operatori e soprattutto con l'Agenzia, nel suo ruolo di Gestore del Servizio Integrato.

Nell'ambito dei sistemi nucleari di quarta generazione refrigerati a piombo (GEN-IV LFR), ENEA partecipa alla realizzazione della facility ATHENA e CHEMLAB, parti essenziali della ALFRED Research Infrastructure (RI), polo tecnologico dedicato alle attività di R&S a supporto del DEMO LFR / Prototipo SMFR ALFRED, da realizzarsi sul sito nucleare di Mioveni, Romania. La ALFRED-RI consta di 2 large-scale multipurpose facility (ATHENA, ELF), un laboratorio di coolant chemistry (CHEMLAB), 2 separate-effect facility (HELENA-2, HANDS-ON) e di una facility nucleare operante in cella calda (MELTIN'POT). La ALFRED-RI è stata inoltre concepita per ospitare ALFRED come research reactor, provvisto di test-ring per irraggiamento di materiali e combustibili innovativi. Si è provveduto inoltre a dare seguito alla progettazione concettuale del reattore ALFRED nell'ambito delle azioni previste dal Consorzio FALCON. ENEA ha provveduto a rivedere il progetto della pompa del primario, a supportare la verifica termofluidodinamica del sistema primario e ad eseguire lo studio dettagliato del comportamento di nocciolo durante l'operazione realistica a più segmenti (*batch*) di ricarica.

Le attività di R&D sono state svolte principalmente nell'ambito di Progetti EURATOM H2020 e di Gruppi di Lavoro Internazionali. Nel corso del 2022 hanno avuto luogo le attività preparatorie inerenti allo studio delle vibrazioni fluido indotte su elementi di combustibile nucleare per reattori a piombo, e allo studio della stabilità della circolazione naturale in sistemi a piscina. Le attività ricadono rispettivamente nell'ambito del progetto PASCAL (coordinamento ENEA) e del progetto PATRICIA. Nell'ambito della partecipazione al GIF (Generation IV International Forum) si è contribuito a diversi meeting tecnici dedicati alle analisi di sicurezza dei reattori raffreddati a piombo. Nell'ambito delle attività del gruppo di lavoro NEA-NSC-WPEC sono stati elaborati i Target Accuracy Requirements associati al dimostratore ALFRED, dai quali è stata presentata una lista di necessità di raffinamento di alcuni dati nucleari di rilevanza per il progetto.

La prestazione di servizi tecnologici forniti dal Laboratorio FSN-SICNUC-PSSN per l'analisi e progettazione di nocciolo di reattori innovativi ha riguardato il perfezionamento dei termini dell'accordo di collaborazione con la società italiana *newcleo*, e l'esecuzione delle prime attività contemplate dal contratto di servizio per la società svizzera Transmutex. Con *newcleo*, le attività commerciali concordate per tutto l'anno 2023 riguardano la progettazione dei noccioli dei diversi reattori che la società intende proporre, con particolare riguardo al progetto di nocciolo per il reattore dimostrativo della tecnologia che la società intende realizzare in Francia. Con Transmutex, le attività hanno riguardato la definizione del progetto concettuale dei noccioli di equilibrio e di primo avvio del sistema ADS di riferimento, sviluppato dalla società nell'ambito di una più ampia collaborazione internazionale. I risultati presentati hanno motivato la società Transmutex a proporre un'estensione – in attività e durata – del contratto attualmente in essere, che sarà definita nel corso del 2023.

Le attività di R&D sono state svolte principalmente nell'ambito di Progetti EURATOM H2020 e di Gruppi di Lavoro Internazionali. Nel corso del 2022 è proseguito il coordinamento del progetto europeo "PASCAL" di EURATOM H2020, avviato alla fine del 2020. Sono inoltre stati avviati tre ulteriori progetti, vincitori del

primo bando del nuovo programma quadro EURATOM H-EU: nel progetto ANSELMUS, sullo sviluppo tecnologico di reattori a piombo, sono iniziate le attività relative allo sviluppo di tecniche di ispezione ad ultrasuoni in ambiente LFR (di cui si coordina il Work Package) ed alla progettazione di tecniche di rilevamento ed identificazione di elementi di combustibile soggetti a rottura della guaina; nel progetto HARMONISE, si sono avviate le analisi del contesto regolatorio europeo relativamente all'applicabilità di questo al licensing di reattori innovativi, relativamente allo studio dei quadri normativi con particolare riferimento a reattori a piombo ed a sistemi a fusione (di cui si coordina il Work Package); nel progetto FREDMANS, si è preso parte ai lavori relativi alla definizione delle necessità di un possibile impianto di fabbricazione di combustibile a nitruri per reattori avanzati. Nel gruppo di lavoro NEA NSC-WPRS-EGPRS è stato avviato, con ruolo di coordinatori, il benchmark internazionale sulla fisica di un reattore a piombo, basato sul progetto del nocciolo del reattore ALFRED. Nel gruppo di lavoro NEA NSC-WPRS-EGTHM è stata presentata una proposta per un nuovo benchmark internazionale sulla termoidraulica di elemento di un reattore a piombo, basato sui dati e le condizioni operative del reattore ALFRED. L'interesse suscitato dalla proposta ha portato al mandato per ENEA di predisporre le specifiche tecniche del benchmark per il suo avvio durante il 2023, sotto la conduzione di ENEA stessa. Nel gruppo di lavoro NEA CNRA-WGSAR-TGACM (del quale è stata affidata ad ENEA la *chairmanship*) sono state finalizzate le specifiche per un benchmark internazionale sull'applicabilità di codici di calcolo a condizioni incidentali in sistemi LFR, basato sul progetto del reattore ALFRED. Nell'ambito del programma di ricerca AMR (Advanced Modular Reactor) finanziato dal BEIS (UK) e coordinato da Westinghouse, ENEA partecipa sia mediante attività sperimentali da svolgere presso il C.R. ENEA del Brasimone sia mediante attività di progettazione e analisi a supporto della realizzazione di 6 facility sperimentali in UK.

Causa emergenza pandemica COVID-19 le collaborazioni con la Cina hanno subito un brusco rallentamento. Ad ogni modo sono proseguite le interlocuzioni con SPICRI (Pechino), CGN (Shenzen), INEST (HEFEI) per lo sviluppo delle tecnologie dei reattori LFR.

Nell'ambito del progetto PIACE (H2020-EC), coordinato da ENEA, si è proceduto con le analisi termofluidodinamiche di un sistema di rimozione della potenza di decadimento passivo, basato sull'utilizzo di gas incondensabili applicati all'isolation condenser del generatore di vapore, sia per il sistema LFR che per i sistemi ADS, PWR e BWR.

La convalida sperimentale delle analisi numeriche, limitata a tre casi studio di riferimento, prevista sulla facility SIRIO per il 2021, presso SIET ma di proprietà ENEA, ha subito notevoli ritardi, a causa della pandemia, per l'adeguamento della facility SIRIO ai tre diversi casi studio. A tal riguardo un'estensione della chiusura del progetto, da maggio a novembre 2022, è stata richiesta alla Commissione Europea.

In ambito EURATOM sono continuate le attività sui progetti PUMMA e sono iniziate le attività nel progetto ESFR-SIMPLE. Nell'ambito del progetto PuMMA, si è completata la prima fase del benchmark. In particolare, sono state simulate le prestazioni di tre barrette di combustibile utilizzando il codice TRANSURANUS (codice che simula il comportamento della barretta di combustibile sotto irraggiamento). Inoltre, si è implementato un modello di creep nel codice ANSYS per simulare il comportamento della camicia del combustibile. Lo scopo ultimo di questa attività è quello di effettuare una simulazione accoppiata TRANSURANUS-FEM. Infine, si è effettuata la simulazione di barretta dei progetti di reattore veloce di tipo Gen. IV ALFRED e ESFR in configurazione bruciatore (i.e. con una concentrazione di Pu nel combustibile di circa 40%). All'interno del progetto ESFR-SIMPLE iniziato a Ottobre 2022, si sono svolte le attività preliminari per la partecipazione al benchmark con codice TRANSURANUS, sulla simulazione di stazionari e transitori incidentali per un reattore piccolo e modulare refrigerato a sodio (ESFR).

PATRICIA (Partitioning And Transmuter Research Initiative in a Collaborative Innovation Action) è dedicato ad attività di Partitioning & Transmutation. Il progetto è suddiviso in cinque macroaree ed ENEA è impegnata nella progettazione di una sezione di prova da inserire all'interno della facility CIRCE per condurre test sperimentali atti a dimostrare la sicurezza dei sistemi termoidraulici dedicati al design dei reattori innovativi di IV generazione. Lo scopo è dimostrare che il raffreddamento del nocciolo può essere assicurato in circolazione naturale attraverso sistemi di rimozione del calore di decadimento. Il progetto

concettuale della nuova sezione di prova è stato concluso e la progettazione ingegneristica e la realizzazione della stessa è stata assegnata a FUCINA ITALIA.

Nella nuova test section è previsto uno scambiatore di calore a tubi elicoidali (maggiore compattezza e maggiore superficie di scambio) alimentato ad acqua, e una pompa meccanica per la movimentazione del piombo bismuto. La sezione di prova denominata CIRCE THETIS (Thermal-hydraulic HELical Tubes Innovative System) ha lo scopo di caratterizzare lo scambiatore di calore elicoidale e la pompa meccanica, nonché quello di studiare dal punto di vista termoidraulico i transitori incidentali del tipo Protected Loss of Flow Accident che prevedano la rimozione del calore di decadimento (simulato elettricamente) attraverso lo scambiatore a tubi elicoidali con portate di feed water ridotta, o attraverso un sistema denominato Reactor Vessel Air Cooling System (RVACS).

Nella test-matrix sono previsti quattro transitori differenti:

- 1) Transitorio da full power a decay heat con Helicoidal Coil Steam Generator (HCSG) funzionante come sistema di rimozione del calore di decadimento;
- 2) Transitorio da full power a decay heat con Reactor Vessel Air Cooling System (RVACS) funzionante come sistema di rimozione del calore di decadimento;
- 3) Transitorio da full power a decay heat con Helicoidal Coil Steam Generator (HCSG) funzionante come sistema di rimozione del calore di decadimento e a seguire con Reactor Vessel Air Cooling System (RVACS) funzionante come sistema di rimozione del calore di decadimento;
- 4) Transitorio da full power a decay heat con Helicoidal Coil Steam Generator (HCSG) e Reactor Vessel Air Cooling System (RVACS) funzionanti in contemporanea come sistemi congiunti di rimozione del calore di decadimento.

È in via di positiva conclusione il progetto ORIENT-NM il cui intento è quello di progettare un piano comune europeo Co-funded European Partnership (CEP) sui materiali nucleari, con il meeting finale che si terrà a Brussels il 09 MAR 2023. Sono state condotte attività volte alla definizione di un protocollo di collaborazione sui materiali nucleari con la CEP EUROfusion. In collaborazione con i partner Europei è si è partecipato alla stesura del progetto europeo INNUMAT in risposta alla call HORIZON-EURATOM-2021-NRT-01 che ha ricevuto valutazione positiva. Il progetto è partito il 1 settembre 2022 e vede la partecipazione dell'ENEA con la guida di due linee programmatiche, una sulle ricoperture del materiale del cladding dei reattori a piombo e la seconda sullo sviluppo di barriere antipermeazione-anticorrosione per le strutture interne del blanket WCLL del DEMO. IL progetto INNUMAT vede inoltre la partecipazione dell'ENEA come leader del Work Package 7 Communication, Dissemination and Data Management. Il budget totale di INNUMAT per ENEA è pari a € 894.566,25 e verrà finanziato con un contributo di € 679.634,00. Nell'ambito dell'EERA - Joint Programme on Nuclear Materials è stato presentato il progetto pilota High-Temperature Alternative Materials for Lead Fast Reactors (HAMLETO) coordinato dall'ENEA ed in collaborazione coi principali centri di ricerca europei coinvolti nello sviluppo di reattori di quarta generazione raffreddati al piombo liquido.

#### **Obiettivo Specifico FSN.OS.04 – Assicurare la funzione assegnata all'ENEA dalla legge 273/1991 di Istituto Metrologico Primario nel settore delle radiazioni ionizzanti**

La principale attività dell'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI), nel 2022, è stata incentrata sul proseguimento del Programma triennale (2021-2023) di rilancio dell'Istituto a seguito della stipula di una Convenzione tra ENEA e MiSE/MIMIT "Realizzazione di iniziative in materia di tutela dei consumatori, con particolare riferimento alla sicurezza, all'affidabilità ed alla qualità degli strumenti di misura delle radiazioni ionizzanti, anche in adempimento degli obblighi europei ed internazionali in materia Ex. Art. 3, D.M. 10 agosto 2020". Il programma prevede attività finanziate dal MiSE/MIMIT e dall'ENEA per il rinnovo della strumentazione che costituisce i campioni nazionali, per interventi sugli edifici che ospitano i laboratori dell'INMRI, per il potenziamento della pianta organica e per il rafforzamento dell'INMRI nel suo ruolo istituzionale (Rif. INMRI-467, 419).



Questa convenzione garantisce il necessario investimento nel settore della metrologia primaria delle radiazioni ionizzanti con l'obiettivo di superare l'autosospensione delle Calibration and Measurement Capabilities (CMC) dell'INMRI e consentire il regolare svolgimento del compito assegnato all'ENEA dalla Legge 273/91.

Per quanto riguarda la altre attività dell'INMRI, nel 2022, esse sono proseguite secondo le tradizionali linee programmatiche dell'Istituto:

1. sviluppo campioni nazionali;
2. standardizzazione dei metodi di misura;
3. accreditamento e certificazione;
4. didattica, organizzazione interna e Sistema Qualità;

con le specifiche attività riportate nel seguito.

1 - Nell'ambito dello *sviluppo dei campioni nazionali* si evidenziano i seguenti risultati:

- proseguimento delle attività d'implementazione dei dati di base del nuovo rapporto ICRU 90, Key Data For Ionizing-Radiation Dosimetry: Measurement Standards And Applications per raggi x e per la radiazione gamma del Co-60 (Rif. INMRI-286, 287, 447);
- proseguimento delle attività di ricostruzione da spettri sperimentali e simulazioni Monte Carlo della distribuzione spettrale di fasci x dosimetrici (Rif. INMRI-311);
- conclusione dello sviluppo dei nuovi campioni nazionali di attività di Co-60 e Ho-166 e partecipazione ai nuovi confronti in ambito BIPM per il rinnovo delle relative "Calibration and Measurement Capability" (Rif. INMRI-452, 313, 312);
- predisposizione di una gara per l'acquisizione di un nuovo irradiatore al Co-60 per dosimetria fotonica di riferimento ad alte dosi nel campo medico ed industriale (Rif. INMRI-315);
- proseguimento delle attività di aggiornamento e caratterizzazione del campione mono-sorgente trasportabile per tarature in situ di monitori ambientali e portali radiometrici e di nuovi campioni e irraggiatori mono/multi sorgente a radiazione x-gamma per tarature all'interno e all'esterno dell'INMRI (Rif. INMRI-409, 410);
- proseguimento delle attività di revisione e ri-caratterizzazione di alcuni campioni primari (Long Counter, campione nazionale di densità di flusso di neutroni termici, bagno  $MnSO_4$ ) e banco d'irraggiamento per la metrologia dei neutroni (Rif. INMRI-417, 471, 418, 456);
- caratterizzazione, successiva al potenziamento hardware e software, del campione primario calorimetrico di dose assorbita in acqua per i raggi x di medie energie e Co-60 (Rif. INMRI-314, 437);
- proseguimento delle attività di implementazione della norma ISO 4037 (2019) con acquisizione e installazione di partitori di tensione sugli impianti campione per produzione Rx dell'INMRI (Rif. INMRI-448);
- ultimazione delle attività sperimentali di sviluppo di un nuovo campione nazionale di Thoron (Rn-220) basato sulla tecnica assoluta del conteggio alfa integrale con n. 3 Celle di Lucas (lunga, media e grande) e impostazione delle attività di formalizzazione del nuovo campione (Rif. INMRI-461);
- proseguimento dei confronti internazionali, in ambito BIPM, sull'attività di radionuclidi (Ho-166, C-11) e chiusura del confronto trilaterale con NPL e LNHB su misure del rateo di emissione neutronico da una sorgente di Am-Be (Rif. INMRI-292, 318, 319);
- completamento delle misurazioni e invio dei risultati con successiva analisi dettagliata del rapporto conclusivo del Confronto Internazionale CCRI(II)-S13, organizzato dal BIPM, per la realizzazione di un materiale di riferimento di Cs-134 e Cs-137 in farina di frumento (Rif. INMRI-301);

- proseguimento delle attività (continuative) di Controllo Qualità dei Campioni secondari per dosimetria di alte dosi con prove di riproducibilità della strumentazione del laboratorio, taratura periodica dei campioni di lavoro e della strumentazione annessa (condensatori, termometri etc.) (Rif. INMRI-320);
- proseguimento dell'attiva (continuativa) partecipazione ai comitati tecnici metrologici nazionali, europei ed internazionali (BIPM, CIPM, IAEA, EURAMET, EA, MiSE/MIMIT, INRiM) (Rif. INMRI-321, 466);
- proseguimento delle attività (continuative) di collaborazione con BIPM ed EURAMET nel quadro dell'Accordo Internazionale di Mutuo riconoscimento (MRA) per la revisione delle Calibration and Measurement Capabilities e per la definizione degli indirizzi metrologici internazionali (BIPM-CCRI) (Rif. INMRI-407);
- avvio delle indagini tecnico-scientifiche (progettazione, specifiche tecniche metrologiche), economiche (costi e canali di finanziamento), strutturali (edifici e predisposizioni) e autorizzative e di sicurezza (adeguamento Nulla Osta Ed. T11, Certificato Protezione Incendi) per acquisizione ed installazione di un LINAC per metrologia ad alte dosi nei settori medico ed industriale (Rif. INMRI-470);
- individuazione, programmazione e svolgimento di nuovi confronti internazionali per i campioni neutronici (bagno al  $MnSO_4$ , equivalente di dose ambiente) e di contaminazione superficiale (Rif. INMRI-472, 473, 476).

2 - Relativamente alla *standardizzazione dei metodi di misura* si evidenziano i seguenti risultati:

- partecipazione ai progetti triennali Prism-eBT, TraceRADON, MIRA, SupportBSS, finanziati dal Programma Europeo di Ricerca Metrologica (EMPIR) e ai progetti MICADO e CLEANDEM nel quadro del Programma H2020 (Rif. INMRI-438, 457, 458, 459, 430, 463);
- proseguimento della collaborazione con CAEN S.p.A. per la caratterizzazione di un sistema dosimetrico al bromuro di lantanio per misure di equivalente di dose ambientale basate su spettrometria gamma (Rif. INMRI-380);
- supporto metrologico al Progetto Sorgentina RF, per la produzione di radionuclidi a breve emivita, di interesse della medicina nucleare (Rif. INMRI-326);
- proseguimento della collaborazione con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Puglia e Basilicata (Centro di Riferimento Nazionale) per la riferibilità delle misure di attività dei radionuclidi in matrici di interesse zootecnico (foraggi, mangimi, ...), in particolare per quanto riguarda i metodi di correzione rapidi per effetto somma (Rif. INMRI-416);
- proseguimento delle attività di caratterizzazione di rivelatori scintillatori plastici per il monitoraggio radiologico continuo di acque destinate al consumo umano, in collaborazione con l'Università di Padova (Rif. INMRI-428);
- caratterizzazione metrologica del sistema dosimetrico basato su rivelatori a termoluminescenza TLD100 per lo svolgimento di Confronti Interlaboratorio (ILC) a carattere nazionale nel settore della radioterapia (Rif. INMRI-440);
- collaborazione con SIT/SORDINA per la fornitura di un servizio Tecnico-scientifico finalizzato alla messa a punto di procedure dosimetriche per la caratterizzazione di fasci di elettroni per Flash-Therapy (Rif. INMRI-441);
- studi di ricombinazione ionica in fasci di elettroni ad elevata dose per impulso (Rif. INMRI-443);
- collaborazione con l'Università di Catania, nell'ambito dell'Accordo Quadro con ENEA, per un progetto di messa a punto di un rivelatore portatile per misura di beta-gamma emettitori approvato nell'ambito del PON R&I 2018 per una borsa di Dottorato di Ricerca Industriale, completamente finanziata dall'Università di Catania (Rif. INMRI-460);

- Collaborazione con ELETTRA (SYRMEP) sincrotrone di Trieste per tarature in situ delle loro camere a ionizzazione e determinazione di coefficienti di attenuazione in aria per le camere di riferimento di INMRI (Rif. INMRI-462);
- collaborazione con l'IAEA per la revisione dei protocolli dosimetrici IAEA TRS-398 e IAEA TRS-457 (Rif. INMRI-332, 449);
- svolgimento, nell'ambito di una Convenzione con il Ministero dello Sviluppo Economico, di N. 6 Confronti Interlaboratorio (ILC) nazionali da svolgere nel 2021-2023 nei settori medico e ambientale con adesione di circa 200 laboratori (iscritti anche a più di un ILC) distribuiti sul territorio nazionale. (Rif. INMRI-426):

| ILC N. | Tematica generale   |
|--------|---|
| 1      | Attività di radionuclidi (gamma-emettitori + Sr-90) in una soluzione liquida acquosa                        |
| 2      | Attività di radiofarmaci (Tc-99m, F-18, Lu-177)   |
| 3      | Concentrazione di attività del Rn-222 in aria   |
| 4      | Dose assorbita in acqua in fasci di fotoni per radioterapia con campi piccoli                               |
| 5      | Equivalente di dose personale, $H_p(10)$ , con dosimetri di tipo passivo (Cs-137, raggi x di medie energie) |
| 6      | Contaminazione superficiale (Am-241, Sr-90) con sorgenti piane ed estese (SPE)                              |

- proseguimento delle attività contrattuali con SOGIN riguardanti l'organizzazione di Confronti Interlaboratorio (ILC) su misure di spettrometria gamma per analisi di matrici di impianti nucleari (Rif. INMRI-432, 453);
- supporto metrologico al progetto OPRORA (Optimization PROCesses in Radiotherapy) finanziato dal Ministero della Salute e coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità (Rif. INMRI-442);
- supporto tecnico all'organizzazione ed esecuzione di un confronto interlaboratorio a livello internazionale su misure di radon, con influenza di toron con fornitura di esposizioni di riferimento in camere radon (Rif. INMRI-446);
- completamento del progetto, in collaborazione con Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione (ISIN), di Confronto nazionale su misure di radionuclidi naturali in una matrice di sabbia lacustre per i Laboratori della Rete Nazionale di Sorveglianza della Radioattività Ambientale con presentazione dei risultati e avvio di colloqui bilaterali con i singoli partecipanti (Rif. INMRI-455);
- prosecuzione, in collaborazione con l'Associazione Italiana di Fisica Medica e Sanitaria (AIFM), di un vasto programma di Audit Dosimetrico Nazionale Certificato (ADNC) per i Centri radioterapici nazionali (Rif. INMRI-331);
- partecipazione (in qualità di Responsabile ENEA) delle attività del Comitato di Coordinamento della Convenzione Quadro tra ENEA e Università di Cassino (Rif. INMRI 309);
- implementazione di nuove tecniche metrologiche chimiche e radiochimiche con inserimento nel Sistema di Qualità dell'INMRI e corrispondente validazione dei metodi (Rif. INMRI-474, 475).

3 - Nel settore dell'*accreditamento e della certificazione* si evidenziano i seguenti risultati:

- prosecuzione delle attività di supporto tecnico ad ACCREDIA, per l'accreditamento di Laboratori secondari di taratura (LAT), in fase di primo accreditamento, rinnovo e/o mantenimento, operanti sulle grandezze "radiazioni ionizzanti" (Rif. INMRI-404);
- svolgimento regolare dei servizi (continuativi) di taratura della strumentazione di misura delle radiazioni ionizzanti e di fornitura di Confronti Interlaboratorio (ILC) certificati per soddisfare la richiesta nazionale nel settore (Rif. INMRI-335, 336);

- effettuazione di irraggiamenti di riferimento a dosi prefissate, taratura e qualificazione di strumentazione radiometrica, fornitura di sorgenti campione e materiali di riferimento a supporto delle attività di ricerca dell'ENEA (Rif. INMRI-337);
- svolgimento di un programma di taratura e qualificazione della strumentazione radioprotezionistica di siti SOGIN e NUCLECO (Rif. INMRI-398);
- svolgimento di attività di peer review in misure di attività dei radionuclidi per organismi di accreditamento del Regno Unito (UKAS) e sloveno (SA) (Rif. INMRI-302, 303);
- partecipazione, ai lavori del Comitato Settoriale di Accreditamento per Laboratori di Taratura (CSA-DT) di ACCREDIA (Rif. INMRI-307);
- svolgimento di una Peer Review al Sistema di Gestione Qualità ISO 17-025 dell'istituto metrologico primario spagnolo per radiazioni ionizzanti (CIEMAT) (Rif. INMRI-482);
- partecipazione al Programme Advisory Committee (PAC) per selezione dei progetti di ricerca sottoposti all'European facility for nuclear reaction and decay data measurements (EUFRAF) del JRC-Geel (Rif. INMRI-305);
- aggiornamento del tariffario per le prestazioni per conto terzi dell'INMRI, e predisposizione di un nuovo sistema di fatturazioni automatizzato (Rif. INMRI-478, 479).

4 - Infine, nel settore della *didattica, organizzazione interna e Sistema Qualità* si evidenziano i seguenti risultati:

- revisione periodica delle Calibration and Measurement Capabilities (CMC) dell'INMRI anche in recepimento alle recenti raccomandazioni in materia emesse dell'EURAMET (Rif. INMRI-406);
- proseguimento delle attività contrattuali con SOGIN riguardanti la formazione su misure di spettrometria gamma per analisi di matrici di impianti nucleari (Rif. INMRI-432, 453);
- proseguimento delle numerose attività (continuative) gestionali e tecniche volte all'organizzazione e gestione delle attività di ricerca e di servizio svolte dall'INMRI, anche con riferimento al Sistema di Gestione della Qualità quali: gestione del sito web e server dell'Istituto, gestione archivi, Didattica, Presentazioni a Congressi, Pubblicazioni, Revisione di articoli, Tutoraggio, Audit esterni, partecipazioni a Commissioni) (Rif. INMRI-293, 345, 295, 346, 296, 297, 298, 340, 341, 342, 343, 344, 394, 477, 480);
- predisposizione della documentazione per l'aggiornamento del Nulla Osta per gli edifici nei quali sono ospitati i laboratori dell'INMRI (Rif. INMRI-315, 316);
- proseguimento delle numerose attività gestionali e tecniche volte a garantire la conformità alla norma ISO 17025:2017 per i servizi offerti dall'INMRI (Rif. INMRI-395, 347, 348, 349, 454).

**Obiettivo Specifico FSN.OS.05 – Assicurare e rafforzare il ruolo di supporto tecnico alle istituzioni e la rappresentanza internazionale per la sicurezza nucleare, la preparazione alle emergenze, e l'applicazione dei trattati internazionali in materia di safety, non proliferazione e security.**

Nel primo semestre del 2022 sono continuate le attività che vedono coinvolti il laboratorio FSN-FISS-RNR, ed in particolare il reattore RSV TAPIRO, la IAEA ed EURATOM, nel contesto delle salvaguardie per il materiale nucleare. Nella fattispecie IAEA utilizza il reattore RSV TAPIRO per l'esecuzione di misure finalizzate all'ottimizzazione di un metodo di misura della quantità di fissile presente in un nocciolo di un reattore in condizioni di arresto. La collaborazione continuerà anche nel 2023.

Nella settimana compresa fra il 9 e il 12 maggio è stato organizzato presso il C.R. ENEA Casaccia il Workshop dal titolo "Neutron Science the Italian Way: State of the Art and Future Perspectives" insieme a U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Administration (NNSA).

Al Workshop sono stati presenti esponenti del Ministero degli Affari Esteri e della Transizione Ecologica, nonché esperti provenienti da paesi europei ed extraeuropei al fine di avviare una proficua interazione ed

eventuale collaborazione fra ricercatori e caratterizzare meglio le sfide dello studio di fattibilità ed esplorare a fondo l'opportunità presentata da TAPIRO. Infatti, fin dal 2014, nell'ambito della "Global Threat Reduction Initiative" per impedire l'acquisizione di materiale nucleare e radiologico da utilizzare in armi di distruzione di massa e altri atti di terrorismo, ENEA e Laboratorio Nazionale Argonne hanno avviato uno studio congiunto per valutare la fattibilità tecnica di una conversione del reattore TAPIRO da combustibile HEU a LEU.

Presso il C.R. Brasimone si sono implementate le attività relative al progetto EXADRONE (finanziato dalla Regione Emilia-Romagna), proseguendo con la progettazione, realizzazione e collaudo di droni innovativi per il monitoraggio di infrastrutture di rilevanza nazionale in calcestruzzo armato e il monitoraggio ambientale di installazioni nucleari. Si è proceduto alla progettazione di un nuovo sistema a fluorescenza indotta da laser (LIF) da realizzare come payload LIDAR "Laser Imaging Detection and Ranging" per drone. Questa tecnologia rappresenta un valido strumento diagnostico in svariate applicazioni, quale osservazione ambientale (analisi delle acque, identificazione della dispersione contaminanti superficiali con delimitazione delle aree e possibile identificazione delle sostanze oleose e/o petroli, analisi e quantificazione del contenuto algale, analisi di parametri ottici legati alla torbidità delle acque, identificazione e quantificazione di materiali plastici), valutazione della sicurezza di impianti (raffinerie, fabbriche, porti), osservazione delle superfici nell'ambito dei beni culturali (analisi dell'attacco biologico da parte di specie vegetali con clorofilla, analisi delle superfici per la ricerca di composti chimici usati nella produzione di dipinti murali e restauro, come leganti/consolidanti superficiali, pigmenti organici, substrati, ecc.).

L'impiego del drone come vettore amplia le possibilità operative in un ventaglio senza precedenti sia per l'osservazione di zone difficilmente accessibili (specchi d'acqua bassa come canali, laghi, porti, ma anche pareti di edifici e costruzioni in genere) sia come strumento sentinella per indirizzare l'investigazione (ricerca di sversamenti e/o variazioni dell'ecosistema acquatico).

Per il drone DJI Matrice 600 Pro in grado di monitorare la contaminazione nucleare e radiologica è stato realizzato il progetto di un sensore a semiconduttore con scintillatore per il rilievo di raggi gamma. È stato progettato lo schema principale del sensore, il PCB e la procedura di collaudo e utilizzo. Infine, si è inoltrata procedura di accreditamento ad ENAC per una accademia di volo anche in ambiente critico.

Nell'ambito di tale progetto, la Sezione FSN-PROIN si è accordata con la Divisione FSN-TECFIS per sviluppare componentistica elettro-ottica da installare su uno dei UAV ivi disponibili. La collaborazione vede un contributo con MetaProjects, partner di EXADRONE, allo sviluppo di elettronica di controllo ed interfaccia dei sensori. Sono stati approvati due payloads: uno per l'analisi della biomassa, operante in notturna, ed uno per la misura di inquinanti ed altri componenti organiche, operante su 32 canali con gate risolti in tempo. È iniziata la progettazione dei due payloads e l'acquisizione dei materiali necessari alla realizzazione. Presso il C.R. Brasimone è inoltre in fase di allestimento una accademia di volo per il pilotaggio di droni per il conferimento della licenza di volo ENAC a privati e operatori del settore.

Le attività relative ad acquisizione, sviluppo ed applicazione di metodologie per la preparazione e gestione di emergenze radiologiche e nucleari e l'analisi degli incidenti gravi sono state svolte dal Laboratorio FSN-SICNUC-SIN principalmente nell'ambito di Progetti EC, EURATOM H2020, e di Gruppi di Lavoro Internazionali. Nell'ambito del progetto MUSA si è proceduto all'applicazione dei modelli sviluppati per il codice ASTEC per l'analisi incidentale di tipo loss-of-cooling non mitigato in una piscina di combustibile, ed al calcolo delle conseguenze radiologiche mediate in codice JRODOS; in particolare, data la disponibilità di molti termini sorgente derivanti da un'analisi di Sensitività ed Incertezza, si è sviluppato un modulo per il codice SIKULIX che ha consentito di propagare le incertezze dei termini sorgente nel codice di calcolo JRODOS in modo da avere, a parità di condizioni meteorologiche, la valutazione delle incertezze delle conseguenze radiologiche. Nell'ambito del progetto R2CA è stato poi organizzato a Bologna l'Annual Meeting del progetto, il training sul codice DRACCAR, e si sta organizzando lo Special Issue relativo alle pubblicazioni più rilevanti del progetto stesso. Sempre in ambito Emergency Preparedness and Response, sono proseguite le intense attività per lo svolgimento dei compiti previsti per ENEA nel Service Contract di DG-ENER; in particolare è stato preparato lo scenario incidentale di riferimento per i "case studies", e

sono state distribuite le domande per le autorità di sicurezza nucleare europee per testare la maggiore o minore coerenza nella risposta all'incidente tra paesi confinanti. E' stata poi fatta l'analisi dei risultati ottenuti ed è stato svolto in Workshop di discussione dei risultati con i vari stakeholder.. In ambito del CRP dell'IAEA "Advancing the State-of-Practice in Uncertainty and Sensitivity Methodologies for Severe Accident Analysis in Water Cooled Reactors" è stato sottomesso ad IAEA il report finale con i risultati conseguiti, ed è stato contribuito altresì al draft del relativo TECDOC.

E' stata acquisita la nuova licenza per il codice di calcolo RASCAL, inclusivo del database per le centrali nucleari ucraine, tramite l'adesione per un anno all'accordo RAMP con US-NRC.

Anche lo sviluppo e l'applicazione di approcci e metodi per le valutazioni di sicurezza di impianti attuali e reattori innovativi sono stati svolti per progetti EURATOM H2020 e in collaborazioni internazionali. Il progetto ESFR-SMART è stato completato. Per il progetto ELSMOR sono stati eseguiti i calcoli di pre-test per la facility sperimentale, successivamente realizzata presso SIET SpA, che hanno consentito di evitare numerosi errori progettuali che avrebbero compromesso la successiva campagna sperimentale. Per il progetto PASTELS è stato concluso il benchmark HERO-2 con la produzione del relativo deliverable; è stato dato supporto di dati sperimentali per il benchmark PERSEO e sono iniziate le attività di analisi con il codice RELAP5 e CATHARE2 del Test 7 di PERSEO; è stato sviluppato il modello della facility PKL con il SACO e sono state fatte le simulazioni per i test P1.1 e P1.2 con RELAP5; si è iniziato a predisporre il modello anche per il codice CATHARE2; per quanto riguarda la facility PASI-CVC, si è iniziato a sviluppare il modello di calcolo per il codice RELAP5. Il progetto ASCOM è stato completato. Nell'ambito del NEA/CSNI/WGAMA si è contribuito a realizzare lo Special Issue dei lavori presentati allo Specialist Meeting sulla Termoidraulica; ai lavori del progetto ATRIUM si è partecipato svolgendo il primo esercizio e contribuendo allo sviluppo della metodologia; ai lavori sullo studio della definizione dei DEC-A si è contribuito alla revisione delle linee guida dei paesi partecipanti ed alla stesura del draft dello Status Report.

Il Laboratorio ha iniziato anche a lavorare sulla safety dell'impianto DTT, in particolare analizzando, con approccio best-estimate, una sequenza incidentale relativa all'impianto.

Il Laboratorio FSN-SICNUC-SIN ha inoltre ottenuto pieno successo per i 6 proposal presentati nel corso del 2021, ottenendo il finanziamento dei seguenti progetti di ricerca finanziati EURATOM, relativi alla sicurezza dei reattori nucleari esistenti ed innovativi: SASPAM (di cui ENEA è coordinatore), ASSAS, SEAKNOT, OPERA-HPC, TANDEM e ESFR-SIMPLE. In due di questi progetti sono previste attività di sviluppo di modelli e metodi basati su intelligenza artificiale.

Il Laboratorio FSN-SICNUC-SIN ha poi collaborato alla redazione del documento del Work-Stream 5 (dedicato a R&D per reattori SMR e coordinato da EdF) nell'ambito dei lavori della European SMR Pre-Partnership Initiative della Commissione Europea; in particolare l'attenzione è stata focalizzata sul sub-topic dei Passive Safety Systems, di cui ENEA è Leader, e su quello degli incidenti severi, ambito di ricerca in cui il Laboratorio è ai primi posti in Europa per esperienza acquisita negli scorsi anni. Parallelamente, il Laboratorio coordina le attività italiane dell'Expert Group on SMR dell'OECD/NEA CSNI.

Il Laboratorio ha poi continuato a fornire supporto alle istituzioni, in particolare coordinando le attività italiane nel Nuclear Safety and Security Group del G7, nel Chernobyl Contact Group del G7, svolgendo il ruolo di Alternate Representative per il Nuclear Security Guidance Committee di IAEA, e partecipando alla General Conference di IAEA.

Il Laboratorio FSN-SICNUC-TNMT ha presentato un progetto in ambito EURATOM2020 ammesso al finanziamento ed iniziato nel 2022: ENEN++ sulla formazione di giovani studenti in ambito nucleare e ha partecipato, insieme a FSN-FISS, alle iniziative ed attività di networking e di selezione di attività tecnico scientifiche del College "Research Entities" di EURAD-2 "European Joint Programme on Radioactive Waste Management".

Per quanto riguarda il supporto alle Istituzioni per la sicurezza nucleare (safety e security), la proliferazione nucleare e più in generale la riduzione dei rischi nucleari, radiologici, chimici e biologici l'attività principale del Laboratorio FSN-SICNUC-TNMT riguarda la verifica del Trattato per il Bando Totale degli esperimenti nucleari (CTBT) a supporto dell'Autorità Nazionale (MAECI) e la gestione del Centro Dati

Nazionale, componente radionuclidi (NDC-RN). Le attività di R&D a supporto hanno riguardato l'elaborazione statistica dei dati di attività di gas nobili nella rete di monitoraggio internazionale (IMS) e la partecipazione a circuiti di interconfronto internazionali per la validazione delle analisi di radioxeno in atmosfera. Altre attività di supporto al MAECI e MiSE/MIMIT hanno riguardato: il supporto per la preparazione di un esercizio nell'ambito della Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GICNT) relativo alle tematiche forensi e di rilevazione di attività illecite; la partecipazioni al G7 (Chemical Sub Group, Nuclear Sub group, CBRN Sub Group Global Partnership Working Group), alle attività IAEA sulla Security, quali il Nuclear Security Contact Group, il Nuclear Security Guidance Committee, e il Nuclear Support and Training Centre (NSSC) Network e alla parità di genere nel settore nucleare (NEA Gender balance task group).

**Obiettivo Specifico FSN.OS.06 – Sviluppare le tecnologie basate sull'utilizzo di radiazioni ionizzanti e non per applicazioni alla security, all'antifrode, alla conservazione dei beni culturali, al monitoraggio ambientale, alla fotonica e al biomedicale.**

Il Laboratorio regionale "Tracciabilità" (FSN-SICNUC-TNMT) ha mantenuto nel 2022 l'accreditamento istituzionale come Centro di Ricerca con ricadute di Interesse Industriale della Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna. Le attività del laboratorio si inseriscono nelle tematiche della sicurezza alimentare (rete nazionale METROFOOD e CLUST-ER regionale "Agroalimentare", piattaforma europea S3 "Traceability and Big data", della radioecologia, della tracciabilità e monitoraggio ambientale e del biomedicale (CLUST-ER Health). In particolare, sono state finalizzate le analisi di trizio in acque di pozzo sotterranee per il monitoraggio idrogeologico, in collaborazione con l'ente gestore del Livenza-Tagliamento Acque (LTA) e le analisi di elementi in tracce e microinquinanti in campioni di pomodoro e radicchio, in collaborazione con l'Università di Ferrara.

Il laboratorio regionale Tracciabilità partecipa al progetto PNRR denominato ECOSISTER a coordinamento delle Università della regione Emilia-Romagna con l'obiettivo di creare un HUB a supporto della transizione ecologica della filiera regionale (ricerca e servizi) sui temi dei nuovi materiali per la transizione ecologica, della produzione di energia verde e per la blue economy.

E' stato ammesso a finanziamento il progetto SECURE, in ambito HORIZON2020 per la produzione di radiofarmaci e per la sicurezza della approvvigionamento dei target.

Nell'ambito del progetto regionale LINC-ER, le divisioni SICNUC e ING hanno collaborato attivamente per concludere le attività di progettazione definitiva per la realizzazione del bunker per la sperimentazione del sistema innovativo di radiazione intraoperatoria con neutroni. In collaborazione con la ditta Theranosti Centre (accordo di collaborazione ENEA-Theranosti Centre) è stato condotto il collaudo della macchina per la produzione di neutroni e sono proseguite le simulazioni Montecarlo con il codice MCNP6.2 per la caratterizzazione del fascio neutronico.

E' stato organizzato dal laboratorio FSN-SICNUC-TNMT presso ENEA un Workshop sull'utilizzo delle Librerie Nucleari per applicazioni in ambito forense in collaborazione con l'ufficio per la Nuclear Smuggling Detection and Deterrence del Department of Energy degli Stati Uniti, che ha visto la partecipazione di rappresentanti dei Carabinieri, del corpo dei Vigili del Fuoco, delle Forze Armate, del Ministero degli Affari Esteri, del CNR, dell'INGV e di ENEA oltre ad alcuni partecipanti stranieri (Serbia, Bulgaria, Olanda). Il workshop ha inoltre permesso la presentazione delle capacità nel nucleare forense del Laboratorio FSN-SICNUC-TNMT.

Sono altresì continuati gli studi sul sistema per rivelazione di muoni nell'ambito dell'esperimento CSM presso il CERN (aggiornamento del codice relativo ai rivelatori DT del sistema Muoni e produzione di dati simulati per lo studio del fondo neutronico presente all'interno di tali rivelatori) e sono state completate le attività del Proof Of Concept (PoC) afferente al Laboratorio FSN-SICNUC-TNMT (PROTIUM) nel novembre 2022.

Le attività di sviluppo di sistemi e sensori per la Security sono proseguite nel solco degli importanti risultati conseguiti negli ultimi anni. In ambito di programmi europei, il progetto *RISEN* (Real-time on-site forenSic tracE qualification) coordinato da ENEA e dedicato ad innovazione nelle pratiche di gestione delle scene

del crimine, ha visto ulteriori progressi verso lo sviluppo di prototipi che rispondono alle esigenze degli utenti finali e con importanti sessioni di test di validazione.

Molto interesse ha destato anche il progetto *HADES* (Hazards Detection with Quantum Sensors) finanziato dal programma NATO SPS (Science for Peace and Security) coordinato da ENEA (Laboratorio DIM) e che segna un importante sviluppo nell'applicazione delle tecnologie quantistiche per il monitoraggio di minacce CBRN. Per il progetto *DEXTER* (Detection of EXplosives and firearms to counter TERRORISM), che ingloba al suo interno i progetti tecnologici *EXTRAS* (EXplosive TRace detection Sensor) ed *INSTEAD* (INtegrated System for Threats EARly Detection) nel mese di maggio 2022 si è svolta la dimostrazione finale del progetto, denominata Big City Trial (BCT) presso la stazione metro di Anagnina di Roma. Le tecnologie sviluppate da ENEA e dagli altri partners sono state validate in ambiente operativo e su scenari sviluppati dalla NATO.

Sempre per le tematiche di Security, nel 2022 sono iniziate le attività del progetto *STYX* (Stand-off detection of hYbrid threats containing eXplosives) finanziato dalla European Defence Agency (EDA) e dedicato allo sviluppo di dispositivi per la rilevazione di esplosivi in scenari ibridi di attacco terroristico.

Nell'ambito della prevenzione e risposta ad emergenze radiologiche e nucleari, ENEA con la Divisione TECFIS ha continuato a coordinare il progetto H2020 INCLUDING (Innovative Cluster on Radiological and Nuclear Emergencies), che prevede la verifica dei metodi di training per l'emergenza radiologica e per la nuclear forensic e che vede la collaborazione della divisione SICNUC che ha organizzato, nel settembre 2022 a Bologna la Table-Top Exercise dedicata alla risposta ad una emergenza radiologica in un'area urbana.

Nell'ambito del progetto *EXERTER* è continuata l'attività finalizzata a colmare le difficoltà per gli operatori della sicurezza di acquisire e utilizzare i risultati della ricerca e di colmare le lacune tecnologiche per le sfide future.

Sono entrate nel vivo anche le attività di ricerca del progetto H2020 VERTIGO (Virtual Enhanced Reality for inTeroperable training of CBRN military and civilian Operators) a cui partecipa il laboratorio FSN-TECFIS-DIM e che è incentrato su lo sviluppo di metodi di Virtual Reality per il training di operatori nel settore CBRN. Inoltre, dopo i ritardi dovuti all'impatto della pandemia nel 2020, ha avuto inizio il progetto ARTERD (Advanced Remote Technology and Robotics for Decommissioning) finanziato dalla Nuclear Energy Agency (NEA) ed in cui ENEA collabora con l'istituto giapponese CLADS (Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science) e con l'Università di Tokio per lo sviluppo di sensoristica nucleare operante su piattaforme robotiche.

Per quanto riguarda le tecnologie lidar marine, nel 2022 è ed iniziata la progettazione meccanica ed elettronica di un sensore compatibile con i requisiti meccanici ed ambientali di un payload per drone e per estendere le possibilità operative di monitoraggio ambientale. In tale ambito è anche proseguita la collaborazione scientifica con il gruppo "Osservazioni del Mare da satellite e studio dell'ecosistema marino" (GOS) del CNR-ISMAR (sezione Roma – Tor Vergata); nell'ambito della collaborazione sono state eseguite attività di analisi ed elaborazione dati per la costruzione di data-set bio-ottici finalizzati al cal-val di sensori per il telerilevamento attivo e passivo nel Mediterraneo.

Nell'ambito dei Progetti di ricerca in Antartide sono proseguite presso la stazione Concordia le attività del progetto CIRCE per l'utilizzo di tecniche di telerilevamento da terra e da satellite per osservare i cirri dell'Antartide, determinare i parametri ottici e creare un database climatologico sfruttando i sistemi lidar già operativi a terra.

L'utilizzo di asset satellitari è stato il fulcro del progetto INSURE (Innovation in Sustainable Offshore Decommissioning) coordinato da ENEA e finanziato dall'European Space Agency. Le attività sono state concentrate su uno studio di fattibilità di un sistema che integra una pluralità di sensori operanti su sistemi robotici per accrescere il livello di monitoraggio ambientale durante le fasi di decommissioning di piattaforme offshore. Il progetto è ora in approvazione per la seconda fase dedicata alla implementazione operativa.



Nel 2022 si è concluso il progetto SMARTIES, finanziato dalla Regione Lazio, e volto alla comprensione dei fenomeni della rigenerazione muscolare e dell'atrofia del muscolo scheletrico in ambiente di microgravità, e con risultati che hanno attirato l'attenzione di ASI per possibili sviluppi di ricerca comuni.

Nell'ambito della Ricerca Finalizzata "Elf induced maturation and differentiation of Human cardiac stem cells and their implantation in nude mice: a preclinical study for treating heart attacks" è stato realizzato un incubatore che consente l'impostazione dei parametri desiderati (temperatura e umidità) e il controllo del livello di CO<sub>2</sub> attraverso un apposito programma software. Il sistema è stato inviato all'Università dell'Insubria per la prevista sperimentazione.

Sempre nell'ambito delle tecnologie per la Salute, presso FSN-TECFIS-MNF, è proseguito il progetto BIOTRACK che si propone di sviluppare una nuova generazione di rivelatori biocompatibili di tracce nucleari fluorescenti basati su fluoruro di litio.

Relativamente alle macchine acceleratrici per produzione di fasci di particelle ionizzanti le attività sono state focalizzate sul progetto TOP IMPLART (acceleratore lineare innovativo per protonterapia), sul linac da 5 MeV per applicazioni industriali e ai Beni Culturali, e sul già citato impianto basato sul linac compatto di elettroni da 3 MeV sviluppato nell'ambito del Progetto TECHEA per irraggiamento del tumore alla mammella con paziente in posizione prona.

Per l'impianto TOP-IMPLART nei primi mesi del 2022 il bunker B1 nel quale è alloggiato l'acceleratore è stato esteso fino ad una lunghezza finale (non aumentabile ulteriormente) di 27 metri e a seguito di questa estensione sono stati montati, allineati ed alimentati due ulteriori moduli di accelerazione per l'innalzamento dell'energia di uscita dei protoni da 55.5 MeV a 71 MeV. Questo è il primo valore di energia di fascio di interesse clinico e utilizzabile per il trattamento di alcune forme tumorali. Inoltre, è stata effettuata la progettazione esecutiva della nuova linea di rilascio del fascio basata su un sistema di due magneti di scansione pulsati e relativi alimentatori bipolari, che potranno consentire di indirizzare il pennello protonico su una zona di irraggiamento fino ad un massimo di 100 mm x 100 mm per iniziare la dimostrazione delle peculiarità del sistema IMPLART in modalità attiva 4D.

Nel 2022 è stato avviato il Progetto ASIF (ASI Supported Irradiation Facilities) nel quale sono incluse gli impianti TOP-IMPLART e REX (linac elettroni da 5 MeV) ed ha avuto inizio per queste due macchine una attività di progettazione e realizzazione di postazioni dedicate agli irraggiamenti di componenti elettronici per test di resistenza alle radiazioni mediante simulazioni sulla Terra dell'ambiente spaziale.

Nella seconda metà del 2022 si è concluso il progetto H2020 MILEDI coordinato da FSN-TECFIS-APAM e che ha raggiunto il suo obiettivo con lo sviluppo di materiali per la realizzazione di microdisplay rgb (red green blue) basati su quantum dots semiconduttori sintetizzati chimicamente. Sempre nella stessa Unità, il progetto PREFOS si è focalizzato sullo sviluppo di componenti prefabbricati intelligenti strumentati con sensori di tipo FBG (Fiber Bragg Grating) per analisi strutturale.

Inoltre sono state completate le attività svolte nell'ambito del progetto RAFAEL con le installazioni dimostrative presso il Viadotto Sordo e la Galleria San Demetrio, nei pressi di Catania di sistemi di monitoraggio basati su tecnologia in fibra ottica di tipo FBG.

Nell'ambito del progetto SENTINEL, il prototipo finale del sistema di monitoraggio in fibra ottica del traffico veicolare commerciale è stato installato nell'autostrada E841 vicino alla città di Salerno

Nel corso del 2022, per le attività di sviluppo ed applicazione di tecnologie per i beni culturali, nell'ambito del progetto VADUS (Virtual Access and Digitalization for Unreachable Sites) finanziato da ESA, sono stati creati gli strati informativi necessari alla realizzazione di contenuti per le visite virtuali di 4 siti di interesse storico artistico non accessibili: La Casa di Diana di Ostia Antica, il Forte del Pastiss di Torino, l'Aula Isiaca e la Casa dei Grifi del Parco Archeologico del Colosseo (PAC).

Nell'ambito del progetto SUSA (Smart Urban Sustainable Area) l'8 Marzo 2022 sono state effettuati rilievi laser in un ambiente all'aperto dell'Area Archeologica di Gabii (Roma). Nell'ambito del progetto E-RIHS

(European Research Infrastructure for Heritage Science) è stata realizzata e assemblata la struttura di un nuovo sistema laser scanner di ultima generazione denominato DIAPASON.

Sono proseguite nel 2022 le attività del progetto REMEDIA (RicErca, diagnostica e METodi di contrasto al Deterioramento causato dall'umidità) che ha l'obiettivo di quantificare in fase precoce l'estensione e la distribuzione dei danni conseguenti alle infiltrazioni di umidità sulle murature e sugli arredi nei Beni Culturali e sono iniziate quelle del progetto regionale COLLINE (Conservazione di lapidei mediante oli essenziali e nanotecnologie).

Per il progetto CIACCO (Sviluppo e applicazione in situ di tecnologie innovative per il Contrasto alle Infiltrazioni d'Acqua nelle Chiese romane del Centro storico) nel corso del 2022 sono effettuate misure di laboratorio preliminari, e preparata la attività di validazione in campo centrata su asset di grande interesse culturale. Inoltre è in corso il Progetto 3DH-solutions, che sperimenta nuovi nanomateriali con cui realizzare gli elementi integrativi per il restauro di elementi decorativi e architettonici mediante stampa 3D.

La partecipazione di ENEA al Distretto Tecnologico per i Beni e le Attività Culturali della Regione Lazio (DTC) è stata rafforzata dall'inizio delle attività del progetto CHANGES nell'ambito del PNRR. Il progetto ha come obiettivo lo sviluppo un Ecosistema multi-tecnologico e transdisciplinare per la formazione, la ricerca, il trasferimento tecnologico riferito alla Cultura umanistica e al Patrimonio culturale. Sempre in ambito DTC, il progetto MONALISA, "MONitoraggio Attivo e Isolamento da vibrazioni e Sismi di oggetti d'Arte", si propone di proteggere gli oggetti d'arte dalle vibrazioni sismiche ed indotte da traffico sul caso studio del "Sarcofago degli Sposi", conservato nel Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma.

Sono state avviate le attività del progetto EU CRISTAL, "Climate resilient and environmentally sustainable transport infrastructure, with a focus on inland waterways", che prevede lo sviluppo di piattaforme di pesatura basate sulla tecnologia FBG.

Nell'ambito del progetto ACTEA, Accumulatori Ca-ione per una tecnologia alternativa al Litio, presso FSN-TECFIS-MNF sono stati cresciuti mediante CVD elettrodi di nanofili di silicio con differente massa per unità di superficie.

Proseguendo le attività svolte nell'AdP 2019-2021 ENEA-MiSE, progetto Sviluppo di Sistemi di Accumulo Elettrochimici Innovativi (batterie) gestito dal Dipartimento TERIN, formalmente non ancora rinnovato per il triennio 2022-2025, sono state avviate le attività di sintesi per la copertura in situ di nanofili di silicio, cresciuti su carbon paper mediante CVD, con carbonio al fine di migliorare la conducibilità e le proprietà dell'interfaccia elettrolita-materiale attivo.

Per la sensoristica in ambito energetico, è continuato il progetto 3BELIEVE che ha come obiettivo lo sviluppo di sistemi di accumulo dell'energia (batterie "3b") per veicoli elettrici ed ibridi utilizzando celle al litio con tecnologia LNMO. Nel progetto, condotto in collaborazione con TERIN, la Divisione TECFIS si occupa della configurazione elettrica di celle e sensori e dell'integrazione di sistema nel modulo batteria.

La Divisione TECFIS ha completato il PoC Food Safety dedicato alla lotta contro la contraffazione alimentare con lo sviluppo di un prototipo da laboratorio che è capace di misurare alterazioni nella qualità dello zafferano e con un risultato che ha portato ad un brevetto ENEA.

Nel 2022, ultimo anno di attività del progetto "SPEED" (Spettrometro Raman coerente a bassi numeri d'onda), finanziato dal MAECI come progetto "Grande Rilevanza" di collaborazione Italia-USA, sono state investigate configurazioni in grado di aumentare la sensibilità del sistema di rivelazione.

Il Laboratorio FSN-FISS-SNI ha proseguito il suo impegno nelle attività nel campo dei Beni Culturali con l'utilizzo delle radiazioni gamma (facility Calliope) per il recupero dal biodegrado di beni di interesse storico, artistico e documentale aggrediti da insetti e microorganismi (funghi, muffe). In questo ambito proseguono le attività previste dal progetto Pergamo (finanziato da DTC Lazio): sono per la prima volta stati irraggiati libri antichi provenienti da una biblioteca croata (stakeholder del progetto). I risultati della ricerca sono stati pubblicati, presentati a numerose conferenze e fiere del settore (sia in Italia che all'estero) e riportati da organi di stampa e servizi televisivi di rete nazionale, riscuotendo notevole

interesse da parte del pubblico e degli addetti ai lavori. Ulteriori test di irraggiamento sono previsti, tra l'altro, per il 2023 su documenti provenienti dall'Abbazia di Montecassino e su manufatti lignei della Galleria Nazionale dell'Umbria e su materiali lapidei del Parco Archeologico dell'Appia Antica. Prosegue anche la collaborazione con l'Università della Tuscia per lo studio della resistenza a radiazioni di biodeteriogeni ancora poco studiati e con l'università Sapienza di Roma.

In ambito internazionale, è stato presentato, con la partecipazione del Laboratorio TECFIS-MNF, un nuovo progetto IAEA (CRP Development and Implementation of Cultural Heritage Preservation using Ionizing Radiation Technology) della durata di 5 anni per fini di trattamento e consolidamento di manufatti di diversa tipologia.

Proseguono le collaborazioni con il Dipartimento SSPT in campo agro-ambientale per attività di mutation breeding, produzione di standard per metrologia e tracciabilità alimentare e controllo di insetti infestanti nell'ambito di collaborazioni e progetti a livello nazionale (Parco Nazionale dell'isola di Pantelleria, Fondazione Edmund Mach, Fondazione BBKA, Dipartimento SSPT) ed internazionale (IAEA; CNSTN, Tunisia; USDA-ARS-EBCL, Francia).

In ambito agro -alimentare, con il Dipartimento SSPT, il laboratorio FISS-SNI prosegue la partecipazione al Progetto Metrofood (H2020) per attività di *mutation breeding*, *food processing* e SIT, al Progetto AgroServ - Integrated SERVICES supporting a sustainable AGROecological transition (call Horizon Europe, durata 60 mesi) per attività di ricerca e per la creazione di un accesso transnazionale e/o virtuale a un'ampia gamma di servizi integrati. Infine, il laboratorio FISS-SNI partecipa al Progetto PNRR "Strengthening of the Italian Research Infrastructure for Metrology and Open Access Data in support to the Agrifood (METROFOOD-IT)", della durata di 30 mesi, che si propone la realizzazione della nuova Infrastruttura di Ricerca nazionale METROFOOD RI – Infrastructure for promoting metrology in food and nutrition ([www.metrofood.eu](http://www.metrofood.eu)) inclusa nella Roadmap ESFRI per il dominio Health and Food e nel PNRR come infrastruttura ad alta priorità.

Negli ultimi mesi del 2022, nuove collaborazioni hanno preso avvio con il Dipartimento SSPT (Divisione TECS) per lo studio dell'effetto radiobiologico (radiazione gamma, facility Calliope) su sistemi in vitro ed in vivo per applicazioni in campo medico e per attività di dosimetria retrospettiva, di grande interesse anche in ambito internazionale.

Nel corso del 2022 sono anche iniziate le prime fasi per l'ottenimento della Certificazione ISO9001 per la facility Calliope (prevista nel corso del 2023), con upgrading dei sistemi di gestione dei test di irraggiamento, tracciabilità dei campioni e gestione documentale.

Nell'ambito dell'accordo di programma ENEA-MiTE per RSE, sono stati ottimizzati i parametri di crescita dei nanofili ottenuti via CVD usando Cu come catalizzatore e C-Paper come substrato. In questo modo si sono ottenuti fili molto fitti e di diametro inferiore ai 100 nm che hanno mostrato un notevole miglioramento delle proprietà elettrochimiche. In particolare si sono potuti superare i 50 cicli di scarica e carica mantenendo capacità molto elevate.

Nell'ambito del progetto ENEA LINC (Laboratorio Interdipartimentale per la Spettroscopia CARS) sono state effettuate misure di micro-CARS su campioni di tessuto biologico.

Nell'ambito del progetto MAECI "Recupero di antiche tecnologie messicane per lo sviluppo di prodotti sostenibili per il restauro dei beni culturali" del Dipartimento SSPT sono state effettuate le misure di spettrofotometria infrarossa su estratti vegetali di *Opuntia ficus* da utilizzare come protettivi e consolidanti per materiali cartacei.

Nel corso del 2022 le attività della Divisione FSN-PLAS relative alle misure su campioni biologici e alla conservazione dei beni culturali sono state le seguenti:

- Collaborazione con l'università degli studi "Roma Tre", tramite un dottorando ed il suo relatore, sulle applicazioni della radiazione THz nel campo della agricoltura di precisione. Nel corso della collaborazione sono state effettuate misure con un sistema di imaging a 97 GHz, su nocchie in guscio, per verificare la possibilità di rilevare automaticamente, per mezzo di una rete neurale

abbinata al sistema di scansione, le nocchie guaste. Il successo dell'esperimento ha portato ad una sua evoluzione, tramite una misura puntuale con una sorgente accordabile a 36 GHz, in grado di effettuare la medesima misura in tempi compatibili con quelli di un sistema industriale per la selezione delle nocchie. Sono state anche effettuate indagini sulla possibilità di rilevare lo stato di idratazione di piante tramite l'abbinamento di sistemi THz con droni.

- Nel corso della collaborazione sono stati anche effettuate misure su sistemi compositi in fibra di vetro, utilizzabili in campo aeronautico.
- Nell'ambito di una collaborazione con il Dipartimento SSPT si è provveduto alla raccolta ed analisi dati mediante sistema THz-TDS su campioni di polimero per lo studio di materiali.
- Nel campo della conservazione dei beni culturali sono continuate le indagini sui campioni di parati in cuoio, messi a disposizione dal Museo Chigi di Ariccia, focalizzando l'attenzione sulla possibilità di rilevare tracce di umidità dietro i parati.

Il gruppo Eccimeri nel 2022, nell'ambito dell'applicazione delle radiazioni, ha continuato lo studio e l'ottimizzazione di matrici di LED con emissione nell'ultravioletto C (UV-C) per la sterilizzazione/sanificazione di superfici e per generare l'effetto Ormesi su piante da frutto, ottenendo un netto incremento della resistenza ai patogeni nelle piante irraggiate.

E', inoltre, proseguita la sua partecipazione al progetto FISR2020IP\_04150 SAVE (Sistema di sanificazione automatico UV-C Safety integrato in lampada da soffitto) presentato da ENEA-FSN-PROIN, Brasimone, conclusosi il 31 Marzo 2022.

Nell'ambito delle sue attività commerciali per conto della società Beamide, sono stati effettuati test di resistenza di materiali di interesse per lo spazio tramite la facility di irraggiamento nell'ultravioletto.

È stata pubblicata dal gruppo Eccimeri su Play Store la app ENEA Mobile Sun Compass, versione per smartphones della bussola solare brevetto ENEA. È stato realizzato con successo l'esperimento di inversione dei solstizi presso il sito archeologico della Grotta di Tiberio a Sperlonga.

Sono proseguiti gli studi del gruppo Eccimeri su rivelatori a diamante come nuove diagnostiche del plasma mediante l'utilizzo della sorgente di EUV (Estremo UltraVioletto) a scarica capillare. E' stato avviato un esperimento di focalizzazione della radiazione EUV tramite un collettore ellissoidale per consentire irraggiamenti di superfici a dosi incrementate di oltre un ordine di grandezza rispetto a quelle raggiungibili fino ad oggi. La stessa sorgente è stata utilizzata per l'irraggiamento di campioni di lino e materiale cartaceo antico.

## **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

La partecipazione dell'ENEA alle attività di ricerca sulla Fusione Nucleare controllata e l'avvio della realizzazione dell'infrastruttura DTT hanno un'ampia ricaduta sui partner industriali e di ricerca nazionali e internazionali.

In particolare, l'ENEA ha contribuito, con la sua funzione di Industrial Liaison Officer, all'ampio successo delle industrie nelle gare di ITER e F4E. L'ENEA coordina le reti nazionale (ILO NETWORK ITALIA TRA CNR, ENEA, INAF E INFN) e internazionale (PERIIA NETWORK PRESSO CERN, ESO, ESRF, ESS, XFEL, F4E/ITER, ILL e SKA) di Industrial Liaison Officers per progetti Big Science. Sempre in ambito EURATOM, l'ENEA coordina tutta la comunità scientifica e industriale che partecipa alle ricerche in ambito EUROfusion, consistente in 19 partners.

Nell'ambito delle tecnologie per la Fissione Nucleare, gli interlocutori nazionali sono tutti i soggetti pubblici e privati che richiedono analisi di caratterizzazione radiologica mediante tecniche non distruttive e distruttive, sia in situ sia in laboratorio, nonché tutte le istituzioni e società private interessate alla esecuzione e preparazione delle campagne di irraggiamento nei reattori TRIGA RC-1 e RSV TAPIRO.

L'ENEA fornisce supporto tecnico-scientifico e operativo sia alle Pubbliche Amministrazioni che agli Organismi di Ricerca, nonché alla società Sogin nelle attività di decommissioning degli impianti afferenti all'ex-ciclo del combustibile nucleare affidati da ENEA all'Operatore Nazionale. Questo avviene mediante il comando di personale del laboratorio sui siti di Trisaia, Casaccia e Saluggia, per la scelta e realizzazione del deposito nazionale e geologico, quale supporto istituzionale, e attraverso la partecipazione ad attività di caratterizzazione di matrici ambientali e rifiuti radioattivi prodotti dal decommissioning degli impianti.

L'ENEA è membro permanente del Network dei laboratori di riferimento nell'ambito della caratterizzazione radiologica di rifiuti radioattivi dei paesi membri dell'Unione Europea, definito ENTRAP - European Network of Testing facilities for the quality checking of RAdioactive waste Packages.

L'ENEA è membro effettivo del working group europeo ERDO (Working on a shared solution for radioactive waste) per lo studio ed il successivo sviluppo di un deposito geologico per rifiuti radioattivi condiviso a livello europeo.

L'ENEA, per conto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, rappresenta il Sistema Paese presso il Programma europeo EURAD (European Joint Programme on Radioactive Waste Management), con l'obiettivo di supportare gli Stati membri dell'Unione nell'attuazione della direttiva 2011/70/Euratom (direttiva per la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi) agendo e collaborando con i rispettivi programmi nazionali, sia nell'ambito della ricerca, sia nel supporto tecnico nell'ambito dello specifico settore.

Le attività di caratterizzazione neutronica del reattore RSV TAPIRO vengono svolte, con la partecipazione di Francia, Giappone e USA, in ambito NEA (Expert Group on New integral Experiments in Support of Innovative nuclear Systems - EGNESIS). È in essere la collaborazione fra i reattori di ricerca e l'Argonne National Laboratory (USA) in seno al programma US/DOE Global Threat Reduction Initiative.

ENEA collabora inoltre con numerosi laboratori europei ed extraeuropei, tra cui l'Istituto di Scienze Fisiche di HEFEl presso l'Accademia delle Scienze Cinese (CASHIPS), SCK-CEN (Belgio), CEA (Francia), CIEMAT (Spagna), IST (Portogallo), IPP (Germania), KIT (Germania), PTB (Germania), KIT (Svezia), HZDR (Germania), CV-REZ (Repubblica ceca), IPPCAS (Repubblica Ceca), ICN (Romania), JAEA (Giappone), JRC Petten (EC), JRC Karlsruhe-ITU (EC), NNL (Regno Unito), JSI (Slovenia), IPPLM (Polonia), IFJPAN (Polonia), Wingner (Ungheria), CCFE (Inghilterra); IPPE (Obnisk, Russa) e il Consorzio FALCON "Fostering Alfred Construction".

Inoltre, il Dipartimento ha numerosi e importanti interlocutori nel mondo industriale: Ansaldo Nucleare Spa, ELDOR, SRS Servizi e Sviluppo Srl, SIET Spa, CSM Spa, LIMAINOX Srl, CRIOTEC Impianti Srl, TRATOS Cavi, Tecno Project Industriale, Telerobot S.p.A., SaesGetters, Greenpumps, Marlusi Srl; Fucine Italia S.r.l., THERMOCOAX SAS (Francia), SAAS GmbH (Germania), Westinghouse LLC (USA), NEWCLEO (UK) e Transmutex (CH).

Le attività di R&D per la sicurezza degli impianti nucleari sia attuali che innovativi sono svolte in particolar modo nell'ambito di una cooperazione bilaterale con l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) francese ed attraverso la partecipazione alle Associazioni ETSON (European Technical Safety Organisations Network), che è composta dalle principali Technical Safety Organizations europee (IRSN, GRS, BEL V, VTT, JSI, PSI ecc.) e SNETP AISBL (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform - International Association). In quest'ultima, il Dipartimento, tramite la Divisione SICNUC, partecipa attivamente alle attività di due Pillar: NUGENIA (NUclear GENeration II & III Association), che raggruppa più di cento membri di cui fanno parte la quasi totalità delle industrie, delle utility, delle organizzazioni di ricerca e delle Università operanti nel settore del nucleare da fissione in Europa, ed ESNII (European Sustainable Nuclear Industrial Initiative), che è finalizzata alla dimostrazione delle tecnologie dei reattori GENIV. Queste collaborazioni e partecipazioni hanno permesso l'acquisizione di più di 10 progetti in ambito EURATOM H2020 e di ulteriori 9 in ambito EURATOM H-EU, queste ultime tutte avviate nel corso del 2022 (ANSELMUS, HARMONISE, FREDMANS, SASPAM (di cui ENEA è coordinatore), ASSAS, SEAKNOT, OPERA, TANDEM e ESR-SIMPLE).

Sempre in ambito Security ed in particolare per il dominio delle minacce CBRN, ENEA ha ottenuto sia una posizione nell'ambito di una selezione di 65 esperti per supportare le politiche della DG HOME sulle tematiche di ricerca da prioritizzare nel medio termine, sia una posizione all'interno del panel ISEG

(Independent Scientific Evaluation Group) nel programma di ricerca NATO SPS. Di rilevanza anche la collaborazione avviata con i Sandia National Laboratories su tematiche di *nuclear security* e che hanno visto nel settembre 2022 una delegazione ENEA in visita ai laboratori ad Albuquerque (New Mexico).

A settembre 2022 il Centro ENEA di Frascati, su invito del MAECI, ha ospitato i partecipanti della esercitazione MED TRIDENT organizzata dalla *Global Initiative To Combat Nuclear Terrorism* e durante la quale FSN ha mostrato le sue capacità in tale dominio. Inoltre sono continuate le collaborazioni con il gruppo RIS dell'Arma dei Carabinieri, con il Dipartimento della Protezione Civile, con il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e con la Scuola NBC di Rieti.

In ambito nazionale ENEA ha continuato a svolgere un ruolo di primo piano all'interno del Cluster CBRN P3 (Preparare, Prevenire, Proteggere) coordinato dall'Istituto Affari Internazionali.

Inoltre ENEA ha partecipato nel giugno 2022 alla settima edizione del "Italy-Republic of Korea: Forum on Science Technology and Innovation" a Seoul ed organizzato dall'Ambasciata Italiana a Seoul e durante la quale ENEA ha presentato i suoi risultati in ambito di tecnologie per lo Spazio, Beni Culturali ed Idrogeno.

Sempre in area asiatica e su tematiche di safety nucleare, si sono instaurati rapporti di collaborazione con l'istituto giapponese CLADS (Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science) e con l'Università di Tokyo e con periodi di stage di ricercatori ENEA in Giappone.

In ambito ricerca polare, i lavori del Tavolo Artico sono stati sospesi a causa delle tensioni internazionali generate dal conflitto russo-ucraino. Nell'ambito delle collaborazioni con industrie nazionali di rilievo sono stati consolidati i rapporti su specifici progetti in ambito Spazio con TIM ed ENI. Sempre in ambito Spazio, sono stati rafforzati i rapporti con ASI e relativamente ad applicazioni di tecnologie laser nell'ambito di ISRU (In Situ Resources Utilization) sia in ambiente lunare che marziano. Altro tema di confronto con ASI è stato quello degli effetti di gravità alterata e l'identificazione di markers specifici per valutarne gli effetti biologici. Sempre con ASI è stata avviata una nuova collaborazione per lo studio di fattibilità di un reattore nucleare per una base lunare.

Collaborazioni internazionali sono state avviate/proseguite per la caratterizzazione di rivelatori di LiF irraggiati mediante facility X-FEL e raggi-X monocromatici da sincrotrone con l'Università di Osaka, Giappone, il CNRS-CEA in Francia.

In ambito internazionale il Laboratorio di spettroscopia ultraveloce della Divisione TECFIS ha intensificato la collaborazione con l'Università A&M del Texas, per un progetto di grande rilevanza finanziato dal MAECI; sempre in ambito MAECI inoltre, il Laboratorio è partner di una proposta di progetto industriale per lo sviluppo di vetri per pannelli solari con la Gujarat Borosil Glass (India), approvato dal Ministero e in attesa di finanziamento.

Per il settore tecnologie quantistiche è stata avviata una collaborazione con l'Università di Griffith (Australia), con il Department of Homeland Security (USA) e con Fraunhofer IOF (Germania) mentre è stata ulteriormente consolidata quella già in essere con l'Università di Roma Tre.

Per la metrologia delle radiazioni ionizzanti, gli interlocutori nazionali sono tutti i soggetti pubblici e privati che effettuano misure di radiazioni ionizzanti nei seguenti campi: Radioterapia e radiodiagnostica medica; Radioprotezione in campo ambientale e industriale (ISIN, ARPA, PPAA, Organismi Centrali di Vigilanza e Controllo, Organismi della Protezione Civile e della Difesa); Trattamento, sterilizzazione e diagnosi di materiali mediante radiazioni; Produzione di strumenti di misura delle radiazioni ionizzanti, sorgenti radioattive, radiofarmaci; Ricerca scientifica (Università ed Enti di Ricerca); Certificazione di misure e laboratori secondari di metrologia (ACCREDIA, Laboratori accreditati di prova e taratura). Sul piano internazionale gli interlocutori sono gli organismi internazionali di metrologia o di standardizzazione: BIPM, INRiM, ICRM (funzione di Past-President svolta da INMRI-ENEA), IAEA, EA, EURAMET, ISO, IEC, UNI, UKAS.

Nel campo dei Beni Culturali, nel corso del 2022 è stato dato corso agli accordi di collaborazione con la Soprintendenza Speciale di Roma, Archeologia Belle Arti e Paesaggio, MUNICIPIO IX.

## RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE

In ambito fusionistico, per la realizzazione della facility DTT, in considerazione della riconosciuta importanza socio-economica dell'esperimento, il finanziamento della BEI è stato inserito nel programma ESFI (piano Juncker).

Inoltre, è stata promossa la partecipazione del sistema industriale nazionale ai progetti in ambito fusione contribuendo al buon successo delle industrie nelle gare di ITER e F4E. L'ENEA coordina attualmente le reti nazionale (ILO NETWORK ITALIA tra CNR, ENEA, INAF e INFN) e internazionale (PERIIA NETWORK presso CERN, ESO, ESRF, ESS, XFEL, F4E/ITER, ILL e SKA) di Industrial Liaison Officers per progetti Big Science.

A tutto ciò si aggiungono i finanziamenti ricevuti dall'EURATOM per il programma di ricerca sulla Fusione Nucleare, per le ricerche nel campo della fusione e della fissione. Queste attività hanno comportato ricadute, dirette ed indirette, soprattutto sul sistema industriale.

Il sistema italiano, guidato da ENEA, da diversi anni ha un ruolo di leadership nelle attività di ricerca e sviluppo in ambito LFR Gen. IV e ADS, investendo significative risorse materiali ed umane nello sviluppo di una filiera nucleare basata sui metalli liquidi pesanti. Gli investimenti, iniziati con le attività ADS finanziate dai fondi TRASCO (MIUR), hanno trovato continuità nella partecipazione ENEA allo sviluppo dei progetti ELSY e LEADER per un prototipo LFR e nei principali progetti di ricerca e sviluppo europei del settore (THINS, GETMAT, MATTER, ADRIANA, HELIMNET, SEARCH, MAXSIMA, MYRTE, SESAME, TRANSAT, INSPYRE, PIACE, PATRICIA, PUMMA, ORIENT-NM, PASCAL, ANSELMUS, HARMONISE) che bene si integrano con le attività condotte nell'ambito del Consorzio FALCON per lo sviluppo tecnologico del reattore ALFRED. Inoltre, a partire dal 2021 si sono avviate collaborazioni molto intense con NEWCLEO per un programma di ricerca e sviluppo nell'ambito di tali tecnologie, che prevedono un forte investimento in infrastrutture e attrezzature presso il C.R. ENEA del Brasimone, a valorizzare il parco impianti esistente.

Nel settore Security, ed in particolare per il dominio CBRN, è stata rafforzata la collaborazione con ATAC, RFI e Fondazione Gemelli mentre è stato avviato un confronto con Aeroporti di Roma per possibili collaborazioni future. In ambito prettamente industriale sono continuate importanti collaborazioni su progetti con ENI, TIM NEXT Ingegneria dei Sistemi S.p.A., Metaprojects e Consorzio CREO.

La realizzazione dell'acceleratore TOP-IMPLART ha dato origine ad importanti ricadute su diverse PMI (CECOM, TSC, CEMEL, ENERGO) operanti nel Lazio e per la realizzazione di apparati e lavorazioni specializzate che hanno permesso un importante upgrade delle prestazioni della macchina.

Inoltre, sempre nell'ambito di TOP IMPLART, sono state rafforzate le collaborazioni con la Società ADAM di Ginevra (spin-off del CERN), oggi AVO-ADAM (Regno Unito) (<https://www.avopl.com/>), che ha realizzato il sistema per prototerapia LIGHT e con la Società ITEL di Ruvo di Puglia ed in particolare con la sua controllata LINEARBEAM (<https://linearbeam.com/>) che conduce il progetto ERHA (Enhanced Radiotherapy with Hadron), finanziato mediante PON.

Sono proseguite le attività di trasferimento tecnologico verso aziende che operano nel settore dei Beni Culturali. Alla impresa di restauro Euresarte srl è stato trasferito il know how tecnologico per diagnosticare, affrontare e combattere il deterioramento dovuto all'umidità nelle murature di interesse storico presso gli edifici storici laziali; analogamente con le imprese DeFeo e Eagleprojects sono state eseguite azioni di trasferimento tecnologico volto alla soluzione delle problematiche relative alla conservazione dei materiali lapidei (peperino). In entrambi i casi, le imprese di settore sono coinvolte in progetti specifici come partner nell'ambito dei bandi finanziati dalla Regione Lazio "Gruppi di Ricerca 2020" e all'Accordo di programma quadro "Ricerca, Innovazione Tecnologica, Reti Telematiche" (APQ6) - Stralcio "Attuazione degli interventi programmatici e dei nuovi interventi relativi al Distretto Tecnologico per le nuove tecnologie applicate ai beni e alle attività culturali".

## Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN)

---

**Direttore: Giorgio Graditi**

### FINALITÀ E STRATEGIE

Il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN) opera nei settori dello sviluppo, sperimentazione e ottimizzazione di nuove tecnologie, componenti e dispositivi in campo energetico, con particolare riferimento alle fonti rinnovabili e alle tecnologie, componenti, sistemi e metodi a supporto delle stesse e della rete elettrica (smart grids e reti energetiche integrate), all'efficienza energetica (*smart cities, local energy districts, energy communities*), alla decarbonizzazione dei settori industriale, civile/residenziale, trasporto e produzione di energia, alla mobilità sostenibile, alle tecnologie abilitanti e digitali, alle tecnologie per l'accumulo energetico (elettrochimico, termico, power to gas), all'intera filiera tecnologica dell'idrogeno e alla conversione e usi finali dell'energia.

Il Dipartimento svolge attività di studio, analisi, ricerca, sviluppo e qualificazione di tecnologie, metodologie, materiali, processi e prodotti, progettazione avanzata, realizzazione di impianti prototipali, fornitura di servizi tecnici avanzati, trasferimento di tecnologie e conoscenze al sistema produttivo con il fine di contribuire a potenziare l'utilizzo delle fonti rinnovabili, diversificare nel medio-lungo termine le fonti di energia e nel contempo ridurre le emissioni e la dipendenza energetica dalle fonti fossili, a favorire e diffondere la decarbonizzazione energetica - anche efficientando i processi industriali energivori, ottimizzando l'utilizzo e razionalizzando il consumo dell'energia - a concorrere ad accrescere la competitività dell'industria italiana attraverso la riduzione dei costi dell'energia.

Il quadro di contesto internazionale ed europeo in cui si collocano le attività prioritarie del Dipartimento fa riferimento alle direttive in materia di energia varate dalla Commissione europea, Green New Deal, REPowerEU, SET Plan, l'EERA (European Energy Research Alliance), il programma Horizon Europe, Mission Innovation. Il contesto nazionale è rappresentato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Piano Nazionale Energia e Clima 2030, dall'Accordo di Programma con il MiTE (oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - MASE) per la Ricerca di Sistema Elettrico e per Mission Innovation.

Le attività del Dipartimento sono svolte principalmente nell'ambito di convenzioni e Accordi di Programma con la PA: a titolo esemplificativo si citano quelli con il MiTE, quali l'Accordo di Programma per la Ricerca di Sistema Elettrico e l'Accordo di Programma Mission Innovation sottoscritto con il MiSE nel febbraio 2021 e l'Accordo di Programma con il MiTE relativo al Piano ricerca idrogeno del PNRR sottoscritto a maggio 2022. TERIN, inoltre, presiede e coordina il Cluster Tecnologico Nazionale Energia, associazione riconosciuta di soggetti pubblici e privati di alta qualificazione che opera sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico; nonché partecipa alla Clean Hydrogen Alliance, piattaforma per l'idrogeno dell'Unione Europea che riunisce al suo interno industria, ricerca, istituzioni pubbliche e società civile. Il Dipartimento ha, inoltre, partecipato al secondo importante Progetto Comune di Interesse Europeo (IPCEI) dedicato al settore delle batterie innovative (EuBatIn) ed al primo IPCEI sull'idrogeno (Hy2Tech). Nell'ambito di EuBatIn ENEA ha ottenuto un finanziamento di circa 27 milioni di euro per lo svolgimento di attività di ricerca, sperimentazione, innovazione e dimostrazione. In particolare, ENEA realizzerà presso il C.R. Casaccia una *pilot line* flessibile su scala preindustriale rappresentativa dell'intero processo di produzione delle batterie al Li-ione e di nuove chimiche con importanti interventi in termini di infrastrutture, attrezzature e laboratori. All'interno di Hy2Tech ENEA riceverà un finanziamento pari a 52 milioni di euro per la realizzazione di 4 differenti *pilot line* relative a 4 specifiche filiere produttive, con l'obiettivo di garantire la qualità dei prodotti e dei processi produttivi, prima di passare alla fase FID (*First Industrial Deployment*). Le 4 *pilot line* saranno dedicate a:

- sviluppo di materiali, componenti e sistemi per le tecnologie per la produzione di idrogeno;
- sviluppo di materiali, componenti e sistemi per le tecnologie delle celle a combustibile;
- sviluppo di materiali, componenti e sistemi per le tecnologie per il trasporto e la distribuzione;



- sviluppo e validazione di power train a FC ed integrazione in diverse applicazioni del trasporto e della mobilità.

Da dicembre 2020, il Dipartimento, nell'ambito dell'accordo di collaborazione istituzionale col MiSE, avente per oggetto la predisposizione di proposte progettuali IPCEI nella catena del valore dell'idrogeno, supporta il MiSE (ora MIMIT) con il ruolo di advisor tecnico-scientifico nel coordinare il sistema dell'industria, della ricerca nazionale e delle PA per la creazione di una filiera italiana dell'idrogeno.

Inoltre, sulla base di accordi di programma, accordi quadro e collaborazioni già in essere con il MASE e con diverse amministrazioni regionali e locali, in relazione agli obiettivi del PNIEC e del PNRR, l'ENEA sta supportando, con il ruolo di advisor tecnico-scientifico, le suddette istituzioni.

Le attività del Dipartimento sono, inoltre, oggetto di erogazione di servizi tecnico-scientifici e di ingegneria, nonché di collaborazioni con soggetti pubblici e privati, anche finalizzate alla partecipazione a progetti nazionali e internazionali su temi quali quelli delle fonti rinnovabili, smart grids, smart cities, reti energetiche integrate, comunità energetiche, decarbonizzazione dell'industria *hard-to-abate*, mobilità sostenibile, biocarburanti, CCUS, produzione e uso dell'idrogeno, accumulo elettrico, termico e chimico, tecnologie abilitanti e sistemi di controllo e gestione evoluta del dominio produzione-usi finali, e si concretizzano nella fornitura di servizi tecnici avanzati e nel trasferimento di tecnologie e conoscenze al sistema produttivo.

## **PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2022, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2022-2024**

### **Obiettivo triennale TERIN.OS.01 – Sviluppare nuove tecnologie per il fotovoltaico, il solare a concentrazione, la bioenergia, gas rinnovabili**

Per quanto concerne il **fotovoltaico**, è stata sensibilmente migliorata la tecnologia di realizzazione di celle tandem perovskite/silicio ad accoppiamento meccanico con la quale è stata ottenuta un'efficienza di conversione pari al 28,4 %, valore oltre il target stabilito. Per le attività propedeutiche alla realizzazione di celle bifacciali e celle tandem monolitiche ad alta efficienza, si conferma il buon livello tecnologico dei laboratori ENEA che conseguono efficienze di conversione intorno al 22% per le celle in silicio ad eterogiunzione. Altro risultato significativo è stato raggiunto in relazione alla tecnologia di realizzazione di celle tandem monolitiche che utilizza sempre una cella al silicio ad eterogiunzione, come cella base, e una cella a perovskite, come cella top, ma cresciuta direttamente sulla cella base. Con questo approccio è da segnalare il raggiungimento di un'efficienza di conversione del 21%, valore oltre l'obiettivo previsto. Nel campo delle applicazioni impiantistiche del fotovoltaico è stato migliorato il software di gestione della previsione di carico elettrico per impianti PV connessi a edifici, con un'accuratezza sull'errore di previsione del carico dell'11% per l'utilizzo giornaliero tipo. E' proseguito lo sviluppo di applicazioni per la diagnosi preventiva delle anomalie funzionali degli impianti fotovoltaici utile alla pianificazione delle azioni di *Operation and Maintenance*. Sono state anche sviluppate attività di notevole valenza per la smartizzazione e l'integrazione dei sistemi fotovoltaici in contesti urbani e nel paesaggio che hanno riguardato sia sviluppi hardware e software per la gestione di impianti PV, sia la produzione di energia da fotovoltaico in ambito agricolo (agrivoltaico). Infatti, nel corso di questa annualità, è stato dato ulteriore impulso al settore del PV in ambito agricolo con il sostegno tecnico al MiTE, adesso MASE, per la stesura delle linee guida per gli impianti agrivoltaici, propedeutiche alla corretta allocazione delle risorse del PNRR dedicate a questo settore e alla definizione degli opportuni parametri per l'attribuzione degli incentivi tariffari da parte del GSE. L'attività di ricerca ENEA in quest'ambito è stata condotta su due serre fotovoltaiche equipaggiate con moduli PV innovativi. Lo spazio di ricerca ENEA in quest'ambito assieme alla capacità di sviluppare strumenti software, GIS-assisted, idonei alla mappatura di siti idonei all'installazione degli impianti, hanno consentito l'avvio di importanti progetti europei sull'agrivoltaico e la presenza ENEA sui maggiori tavoli di discussione sul tema. Da segnalare anche la nascita dell'Associazione Nazionale per l'Agrivoltaico Sostenibile di cui ENEA è socio fondatore e ricopre il ruolo di presidente. Le applicazioni dell'intelligenza artificiale al settore dell'O&M degli impianti si sono sostanziate con lo sviluppo di un prototipo di sensore smart indossabile per uso individuale da dedicare alla protezione dei lavoratori. Inoltre, è stata installata

una micro rete di rilevatori di inquinamento ambientale prospiciente un tratto autostradale nazionale a sostegno degli studi sulla producibilità di impianto in relazione al contesto antropico e ambientale definito in maniera accurata dai dati meteorologici e di qualità dell'aria ad alta risoluzione.

Nell'ambito del **solare termico a concentrazione** è stata avviata la progettazione di un innovativo sistema di accumulo termico basato sull'accoppiamento in cascata di moduli in cemento con moduli a sali fusi (calore latente) per lo stoccaggio termico a media e alta temperatura in sistemi di generazione elettrica/termica. L'attività di ricerca, finanziata nell'ambito del Joint Cooperation Agreement con Eni, prevede la realizzazione di un prototipo collegato al circuito dell'impianto PCS per la verifica prestazionale delle soluzioni innovative proposte. È stato inoltre riattivato e messo in marcia il circuito sperimentale a sali fusi MoSE, e messo in esercizio il sistema di caratterizzazione del profilo degli specchi impiegati negli impianti CSP a collettori parabolici. Presso il C.R. Portici, nell'ambito del progetto Solargrid, sono stati avviati i lavori di realizzazione di un circuito sperimentale in grado di integrare innovativi accumuli termici e sistemi di gestione del calore ad alta temperatura (> 600 °C) con sistemi di eliostati per impianti CSP ed è stata completata la costruzione di una rete termica di quarta generazione per la sperimentazione del teleriscaldamento a temperature inferiori a 50-60°C. Presso il C.R. Trisaia, sono stati avviati i lavori di trasferimento del laboratorio "certificazione collettori solari" a bassa e media temperatura in locale idoneo per il conseguimento della nuova licenza di accreditamento quinquennale. Nell'ambito delle attività del progetto H2020 SFERA III è stata eseguita una seconda campagna di prove di *round robin test* in cooperazione con diversi istituti di ricerca europei per la determinazione della resistenza alla corrosione dinamica di lunga durata su materiali strutturali esposti all'azione di sali fusi ad alta temperatura. Nell'ambito del progetto ERANET EuroPaTMos è stata eseguita una campagna di prove sperimentali di congelamento/scongelo dei sali binari all'interno di tubi ricevitori evacuati e non, al fine di definire le procedure di gestione di un impianto solare a concentrazione, sia in condizioni di funzionamento a regime che in condizioni di emergenza. Parallelamente, sempre nell'ambito del progetto EuroPaTMos, sono state effettuate prove di avvio, circolazione, inseguimento e spegnimento dell'impianto PCS al fine di definire le procedure operative di impianto e caratterizzare il comportamento dei componenti chiave. Sul circuito MoSE è stata portata avanti una campagna sperimentale per la caratterizzazione di alcuni componenti degli impianti CSP, come misuratore di portata e valvola. Con riferimento al progetto 1.9 "Solare Termodinamico" del Piano Triennale 2022-2024 della RdS, è stata avviata una nuova linea di ricerca sui coating solari a film sottili per tubi ricevitori evacuati di impianti micro-CSP di tipo micro-PTC a media temperatura, nell'ottica di supportare lo sviluppo tecnologico dei sistemi solari a concentrazione per la generazione elettrica/termica distribuita in contesti residenziali e industriali. In parallelo, in continuità con il triennio precedente, è stata ripresa l'attività di sviluppo di coating solari innovativi per tubi ricevitori evacuati di impianti CSP ad alta temperatura allo scopo di incrementarne ulteriormente le prestazioni fototermiche. Al fine di razionalizzare gli interventi di pulizia e ridurre i costi O&M del campo solare, sono stati studiati nuovi metodi di fabbricazione, economici e scalabili, di rivestimenti autopulenti che verranno applicati su specchi solari di dimensioni reali. Inoltre, allo scopo di favorire l'ibridizzazione del CSP con altre tecnologie energetiche rinnovabili, sono stati investigati sistemi innovativi di riscaldamento elettrico dei sali fusi, basati sulle micro-onde, più efficienti rispetto al riscaldamento Joule con resistenze elettriche convenzionali.

Nell'ambito della **bioenergia e bioraffineria** e del potenziamento dell'infrastruttura di ricerca PIBE presso il C.R. Trisaia sono stati quasi completati gli impianti pilota: a film sottile, di idrogenazione, di oligomerizzazione e di distillazione, per la sintesi di biolubrificanti a diversa viscosità a base di poli-alfa olefine, a partire da monomeri di origine rinnovabile funzionante in continuo con una capacità di circa 15 kg/h.

È stata completata la realizzazione di un nuovo impianto (brevetto ENEA) di gassificazione a letto fluido bollente ricircolante internamente da 1 MWt (Progetto SPRING G2E). L'impianto della potenza termica di 1 MWt integrato al circuito a biodiesel è stato testato in continuo in diverse campagne sperimentali settimanali, che hanno permesso di confermare la validità dello schema di impianto scelto verso la produzione di un syngas con specifiche idonee per impiego in motori a combustione interna e la validità delle soluzioni progettuali di modifiche implementate al reattore di gassificazione di concezione ENEA, ora

in configurazione avanzata (2° generazione). Nell'ambito dello stesso progetto è stata verificata la possibilità di riutilizzo di biochar residuale come materiale sorbente per la rigenerazione di reflui contaminati e individuate famiglie di microrganismi fungini promettenti per impiego di mycoremediation di correnti acquose contenenti tar e biodiesel.

Nell'ambito del progetto WW-Green-Fuel (PON 2014-2020) è in corso di sviluppo un innovativo processo di conversione termochimica dei fanghi di depurazione e del digestato per la produzione di biometano liquido. Il processo prevede, oltre allo sviluppo di un innovativo reattore di pirolisi e del sistema di purificazione del syngas, l'impiego di sorbenti per l'abbattimento in-situ della CO<sub>2</sub> all'interno del syngas. Il processo di conversione integrato consentirà il recupero quasi totale delle sotto-correnti di processo e introdurrà importanti semplificazioni impiantistiche per la separazione e l'upgrading del biometano prodotto. Sono state condotte prove di gassificazione di varie matrici residuali, inclusi HTC (*HydroThermal Carbonization*) da rifiuti biogenici di basso grado. Le campagne sperimentali sono state condotte in presenza di minerale naturale (dolomite proveniente da una cava locale) per la riduzione del carico di contaminazione del syngas prodotto e la cattura in-situ di CO<sub>2</sub>. Nelle condizioni di processo adottate il materiale della cava, in condizioni di impiego in letto fluidizzato, ha prodotto riduzioni di tar intorno al 50 % in peso (base gravimetrica) e captazione CO<sub>2</sub> fino al 25 % del valore potenziale (valore preliminare).

Nell'ambito del progetto REVINE, utilizzando gli impianti di pirolisi in dotazione, sono stati prodotti e caratterizzati campioni di biochar da tralci di potatura della vite da usare come ammendanti funzionali alle prove di crescita di biomassa vegetale, al fine di individuare le condizioni di processo e il migliore biochar da utilizzare in funzione della tipologia di terreno. Nell'ambito del progetto RHODOLIVE (concluso a marzo 2022) si è proceduto alla detossificazione e biovalorizzazione dei reflui dell'industria olearia, ad opera di funghi ligninolitici, di cui è stato caratterizzato il proteoma ed il metaboloma durante il processo di risanamento biologico dello scarto. Sono stati individuati gli enzimi-chiave e metaboliti fungini prodotti durante il bio-processo.

È stato completato il progetto COMETA (PON 2014-2020) per la valorizzazione della biomassa lignocellulosica da filiere locali di cardo in intermedi chimici green e bioenergia attraverso processi sia biotecnologici che termochimici. Sono stati implementati processi di estrazione e conversione dell'inulina in fruttosio, prodotto intermedio per acido furandicarbossilico (FDCA), con efficienze superiori rispetto allo stato dell'arte. In termini di applicazioni nel settore della bioedilizia, sono stati prodotti e caratterizzati pannelli a base di biomassa residuale di cardo con ridotto contenuto di prodotti fossili a bassa conduttività termica.

Sono proseguite attività di R&D sulla produzione di bio-oli, a partire da sottoprodotti agro-industriali attraverso processi di pretrattamento, idrolisi e conversione microbica, che possono sostituire gli oli vegetali nella produzione di biodiesel o di green diesel mediante processi di trattamento con idrogeno (hydrotreating). In particolare, nell'ambito della JCA Enea/Eni è stato avviato lo sviluppo di un processo per l'ottenimento dei bio-oli a partire da melasso.

#### **Obiettivo triennale TERIN.OS.02 – Sviluppare sistemi e metodologie a supporto delle fonti energetiche rinnovabili, compresi lo storage e l'idrogeno “pulito”**

Lo sviluppo di sistemi e metodologie a supporto delle fonti energetiche è proseguito in parallelo su diverse linee di attività definite all'interno dei vari progetti di ricerca. In particolare, nell'ambito del progetto nazionale (PON) Solargrid, sono stati sviluppati modelli di ottimizzazione multi-obiettivo per la gestione dell'energia in impianti a fonti rinnovabili. Nell'ambito del progetto “Evoluzione, pianificazione, gestione ed esercizio delle reti elettriche” del Piano Triennale 2022-2024 della RdS è stato avviato lo studio e lo sviluppo di modelli e strumenti software per la pianificazione dell'esercizio delle reti che implementano azioni a breve, medio e lungo termine, in ottica di miglioramento dell'adeguatezza, resilienza, flessibilità e sicurezza in esercizio della rete negli scenari energetici futuri e di modelli per la valutazione dell'adeguatezza, della flessibilità e della resilienza, basati su metodologie rappresentative dei contesti energetici futuri.

In parallelo, nel progetto 1.9 “Solare Termodinamico” della RdS, è stato avviato lo sviluppo di un innovativo sistema di accumulo a sali fusi basso fondenti integrato con resistenze elettriche, connesso con il circuito

CSP sperimentale ENEA-SHIP, in grado di integrare in maniera sinergica diverse fonti energetiche rinnovabili e di interfacciarsi con cicli industriali di processo industriali *hard-to-abate* che richiedono energia termica.

Con riferimento al progetto "Cybersecurity dei sistemi energetici" del Piano Triennale 2022-2024 della RdS è stato avviato lo studio e la progettazione di protocolli e apparati per l'incremento della cyber-resilienza delle reti elettriche. Per ciò che concerne il progetto Mission Innovation, è stata completata la progettazione dell'infrastruttura elettrica e termica del dimostratore di una micro rete energetica multi vettore di tipo intelligente in ambiente reale (progetto Mission Innovation "Smart Grid"). Nell'ambito del progetto europeo eNeuron, coordinato da ENEA TERIN è proseguito lo studio relativo all'attività di definizione di metodologie e tool innovativi per progettare e gestire le energy community mediante l'uso ottimale di vettori energetici multipli.

Le attività sull'accumulo elettrochimico sono proseguite con lo sviluppo e la sintesi di nuovi materiali anodici, catodici ed elettroliti per batterie Li-ione e post Li-ione (Na-ione e Li-S) nel contesto del Piano Triennale 2019-2021 della RdS. Nell'ambito del Piano Triennale 2022-2024 della RdS, sulla base dei risultati conseguiti nel triennio precedente sono proseguite le attività di sviluppo di nuovi materiali per Na-ione e Li-S, supportate da attività di "caratterizzazione" avanzata dei nuovi materiali, con tecniche innovative che hanno lo scopo di accelerare e ottimizzare i processi di sintesi e l'analisi dei prodotti ottenuti. In parallelo, all'interno della RdS sono state avviate analisi di tipo LCA sul tema specifico dell'accumulo elettrochimico e la costruzione di scenari per meglio indirizzare le ricerche del futuro.

Inoltre, a seguito dell'approvazione dell'IPCEI Batterie (EuBatIn) alla fine del 2020, che prevede la realizzazione di un Advanced Battery Laboratory e di una linea pilota a supporto dell'industria per la produzione di batterie innovative presso il C.R. ENEA Casaccia, si è dato avvio alle azioni necessarie per procedere alla progettazione del nuovo edificio che ospiterà le nuove infrastrutture. Sempre con riferimento alla tematica batterie, nell'ambito dell'AdP Mission Innovation sono proseguite le attività per la realizzazione di una piattaforma per la ricerca e lo sviluppo "accelerato" dei materiali attraverso il ricorso all'intelligenza artificiale.

Sul tema dell'accumulo dell'energia è stato avviato nel 2022 il progetto StoRIES (*Storage Research Infrastructure Eco-System*), che ha come obiettivo la realizzazione della prima rete europea di infrastrutture di ricerca sull'accumulo di energia per favorire la crescita delle fonti rinnovabili, accelerare la decarbonizzazione e raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. A livello operativo, i partner del progetto, tra cui figura ENEA, renderanno accessibili le infrastrutture e i servizi di ricerca di livello europeo, lavoreranno allo sviluppo e alla diffusione dei sistemi di accumulo di energia, alla realizzazione di nuovi materiali più sostenibili, alla riduzione dei costi delle tecnologie.

Le attività sull'accumulo termochimico ad alta temperatura sono proseguite, nell'ambito del Piano Triennale 2022-2024 della RdS, con lo sviluppo di carbonati e ossidi misti ottimizzati per l'utilizzo in sistemi reattivi a letto fluidizzato. Al fine di testare tali materiali in condizioni operative realistiche, è stata avviata la progettazione di un nuovo circuito sperimentale, principalmente costituito da un reattore a letto fluidizzato su scala di laboratorio, da realizzarsi presso il C.R. ENEA Casaccia.

Sul tema pompe di calore (PdC) è stata definita la metodologia di prova dinamica di pompe di calore su impianto "hardware in the loop". Gli impianti sperimentali sono dotati di apparecchiature e sistemi da utilizzare per un più puntuale test di sistemi integrati. Tra l'altro, è stata completata la realizzazione di un campo geotermico per PdC single-source (Piano Triennale 2019-2021 della RdS) e sono state montate due differenti tipologie di collettori termo-fotovoltaici evaporativi sulla PdC a CO<sub>2</sub> impiegata nel progetto SOLAIRHP. È proseguita l'attività di ricerca di soluzioni a elevata sostenibilità energetica e ambientale, anche attraverso misurazioni prestazionali di PdC con refrigeranti a basso impatto ambientale.

Sulla base dei risultati conseguiti, l'attività è proseguita nel Piano Triennale 2022-2024 della RdS, attraverso lo studio dell'applicazione di PdC con refrigeranti a basso GWP in impianti di produzione alimentare di tipo multilivello. In particolare, lo studio prevede anche un'attività sperimentale con l'istallazione di prototipi di pompe di calore dual-source ad alta temperatura e refrigerante a basso GWP su strutture produttive (serre) attrezzate per l'agricoltura di precisione.

Con riferimento al tema dell'idrogeno, nell'ambito dell'AdP Mission Innovation, sono proseguite le attività del progetto Hydrogen demo Valley, che ha portato alla definizione del "layout" dell'intera infrastruttura, all'individuazione dei componenti e impianti che la comporranno ed alla predisposizione di tutta la documentazione per la gara di progettazione definitiva ed esecutiva dell'opera. Sono proseguite le attività sulla ricerca "accelerata" di nuovi materiali per l'energia, progetto IEMAP, nell'ambito del quale è presente un WP specificamente indirizzato ai materiali per l'elettrolisi. A luglio 2002 è stata approvata la proposta progettuale ENEA presentata sul primo IPCEI H2 "Hy2Tech" che prevede presso il CR ENEA Casaccia la realizzazione di "pilot lines" dedicate agli elettrolizzatori, alle celle a combustibile, ai sistemi di storage ed alla mobilità. Inoltre, sul tema dell'idrogeno, di particolare rilievo è l'Accordo di Programma (AdP) sottoscritto a maggio 2022 tra MiTE (oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - MASE) ed ENEA nell'ambito dell'Investimento 3.5 "Ricerca e sviluppo sull'idrogeno", Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", Componente 2 "Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile", del PNRR, che prevede lo svolgimento di attività di ricerca e sviluppo volte a migliorare le conoscenze circa l'uso dell'idrogeno in tutte le fasi, incluse quelle di produzione, stoccaggio, distribuzione e usi finali. Il suddetto AdP, di cui ENEA è soggetto realizzatore con il coinvolgimento di CNR e RSE in qualità di co-realizzatori, dispone di 110 milioni di euro (di cui 75 milioni di euro assegnati ad ENEA) per la realizzazione di un apposito Piano Operativo di Ricerca (POR) già in essere, coordinato da ENEA, che è stato approvato a giugno 2022 con decreto direttoriale MiTE per lo svolgimento di attività di ricerca e sviluppo nei seguenti settori:

- produzione di idrogeno verde e pulito;
- tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels;
- celle a combustibile per applicazioni stazionarie e di mobilità;
- sistemi intelligenti di gestione integrata per migliorare la resilienza e l'affidabilità delle infrastrutture intelligenti basate sull'idrogeno.

In ultimo, sono da valorizzare i numerosi progetti di ricerca e sviluppo acquisiti in ambito europeo sul tema delle tecnologie FC/elettrolizzatori operanti a temperature elevate, sul tema dell'uso dell'idrogeno nelle applicazioni navali, sul tema dell'immissione dell'idrogeno nelle reti del GN. Obiettivo triennale

### **TERIN.OS.03 – Sviluppare tecnologie per l'uso sostenibile dell'energia**

Con riferimento al tema del Power-to-X, è stata finalizzata la realizzazione dell'impianto pilota di metanazione da H<sub>2</sub> rinnovabile e CO<sub>2</sub> di scarto, la cui integrazione con l'elettrolizzatore è prevista nei primi mesi del 2023.

Sono state condotte attività di testing sul processo di produzione del DME, da idrogeno rinnovabile, utilizzando l'impianto sperimentale acquisito nel 2021, operante a pressioni elevate.

Sono stati effettuati studi numerici sulla combustione in modalità EGR a diverse pressioni, atti alla valutazione delle migliori condizioni operative per la riduzione delle emissioni di NO<sub>x</sub>. È stata avviata la progettazione di una facility per la sperimentazione in pressione (fino a 10 bar) di bruciatori alimentati con miscele CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub> e/o ammoniacale. Nel laboratorio di diagnostica della combustione è stato progettato e implementato il sistema di controllo sia a livello hardware che software per la gestione simultanea di tutti i sottosistemi dell'impianto AGATUR (micro-turbina, emulatore EGR, rampa H<sub>2</sub>, rampa CH<sub>4</sub>, sistema di analisi dei gas) consentendo nel 2022 di testare con successo la microturbina alimentata con una miscela di metano e idrogeno, simulando l'effetto dell'iniezione di un contenuto di idrogeno verde variabile nel tempo nella rete gas. In particolare, la turbina è stata dotata di un sistema di accumulo di idrogeno e di un sistema di erogazione che consente di alimentare la microturbina stessa con portate di idrogeno variabili nel tempo. La variazione temporale del contenuto di idrogeno è programmabile in modo da indurre sulla microturbina a gas le condizioni di stress termomeccanico, di instabilità di combustione e di carico emissivo (in primo luogo, degli ossidi di azoto) associate al funzionamento in modalità *fuel-flexible*.

Sono stati anche individuati i criteri di valutazione prestazionale della tecnologia di decarbonizzazione di impianti siderurgici e cementifici attraverso l'impiego di nuovi sorbenti altamente rigenerabili a base di CaO. È stato, infine, realizzato un reattore al plasma freddo per la valorizzazione della CO<sub>2</sub> in un combustibile rinnovabile. In particolare, è stato ottenuto CO dalla dissociazione di CO<sub>2</sub> a temperatura inferiore a 100 °C mediante processo DBD (*Dielectric Barrier Discharge*). Sono stati sviluppati nuovi catalizzatori a base di rutenio per la produzione di H<sub>2</sub> da reforming del metano a temperatura più bassa (650 °C) rispetto alla produzione industriale di H<sub>2</sub> da metano (> 850 °C). Con riferimento a tale tematica, è stato approvato il progetto ECCSELERATE (a valere sul bando Infrastrutture emanato dal MUR in attuazione del PNRR con riferimento alle azioni di cui è titolare, previste dalla Missione 4 – “Istruzione e ricerca”, Componente 2 – “Dalla Ricerca all’Impresa”), con l’obiettivo di migliorare l’impianto/piattaforma sperimentale ZECOMIX per lo studio dell’abbattimento di CO<sub>2</sub> da diversi processi.

Con riferimento al tema delle celle a combustibile, tecnologia di elezione per l'utilizzo di idrogeno, è proseguito il coinvolgimento dell'ENEA in numerosi progetti europei H2020, che hanno tra gli obiettivi principali la validazione di protocolli di test accelerati di stack di celle a combustibile SOFC reversibili (SOEC) insieme a caratterizzazioni post-test. Sono proseguiti gli studi sulla tolleranza delle celle a combustibile all'avvelenamento da zolfo e composti carboniosi (tar) ed è stata preparata una campagna per la valutazione degli effetti combinati tramite alimentazione con bio/syngas sintetici. Sono stati effettuati test di celle singole a carbonati fusi (MCFC), utilizzate in modalità reversibile per la produzione di idrogeno, scalando le prove a celle di maggiore area superficiale.

Per l'elettrificazione della mobilità sono stati svolti ulteriori test su celle di batterie litio-ione inerenti l'invecchiamento e la sicurezza in sovrascarica. E' stato anche approcciato lo studio di materiali in grado di assolvere contemporaneamente la funzione di raffreddamento delle celle e contenimento della propagazione di eventi infausti (es. incendio). Inoltre, sono proseguite le attività di progettazione e realizzazione di un sistema di ricarica per il TPL ad accumulo inerziale. Per il supporto all'elettrificazione, è stata definita e avviata la pianificazione delle attività per la realizzazione (in ambito Ricerca di Sistema Elettrico) di una piattaforma dati e nuovi strumenti di analisi e simulazione per il governo della transizione elettrica e sostenibile della mobilità urbana, pubblica e privata, modelli d'interazione fra domanda-offerta di ricarica per veicoli elettrici e analisi di scenari di penetrazione dell'alimentazione elettrica del trasporto pubblico e privato, modelli per la valutazione delle potenzialità di penetrazione dell'alimentazione elettrica nel TPL su gomma e del carico sulle relative infrastrutture di ricarica (*overnight* e *opportunity*). In seno alla progettualità afferente alla KIC Mobility, sono state svolte attività di “business acceleration” per il supporto alle start-up. Per il progetto “User-Chi”, si è avuta la partecipazione a studi di fattibilità per la messa in esercizio dei prodotti prototipali (stazioni, APP e tool per infrastrutture di ricarica) sviluppati nel progetto.

In tema di “Mobilità elettrica sostenibile” prosegue il “Progetto di Mobilità Elettrica Sostenibile (PMES)” presso il C.R. ENEA Casaccia con l’obiettivo di sperimentare e validare componenti, soluzioni tecnologiche e di sistema, tecniche di gestione e controllo delle infrastrutture di ricarica al fine di favorire il processo di sostituzione dei veicoli convenzionali a combustione interna con veicoli elettrici di tipo BEV o PHEV, con le conseguenti ricadute positive in termini socio-economici e ambientali. In particolare, sono stati installati presso il CR ENEA Casaccia, 14 punti di ricarica per veicoli elettrici, che saranno messi a disposizione dei dipendenti che avranno necessità di ricaricare il proprio veicolo elettrico; nel 2022 si è registrato un incremento da parte dei dipendenti all'utilizzo delle colonnine per la ricarica elettrica dei propri veicoli.

Nel quadro più generale della chimica verde, all'interno del progetto denominato FOREST COMP, sono terminate le attività progettuali, incentrate sulla sperimentazione di fibre naturali organiche in materiali compositi cementizi, conseguendo gli obiettivi previsti.

Sul tema della Smart Energy è stato fatto un importante passo avanti nella messa a disposizione del sistema Italia di piattaforme software innovative, il cui sviluppo è iniziato negli anni scorsi. In particolare, il Public Energy Living Lab (PELL – <https://www.pell.enea.it>) per il monitoraggio prestazionale di infrastrutture energivore (illuminazione pubblica, smart services, edifici pubblici) sta supportando la maggior parte delle riqualificazioni dei sistemi di illuminazione pubblica in Italia (il PELL è stato inserito da Consip quale requisito obbligatorio nella convenzione Luce4 ed è stato adottato dalle Regioni Lombardia e Basilicata) ed

è iniziata l'implementazione della sezione scuole. La piattaforma CipCast per il monitoraggio territoriale dei rischi e danni potenziali alle infrastrutture critiche (resilienza urbana) è stata applicata a livello nazionale con Terna in due aree urbane (Roma e L'Aquila), dove è entrata nel processo di gestione delle reti elettriche e antisismiche. La piattaforma SCP (Smart City Platform - <https://smartcityplatform.enea.it>) per la governance interoperativa e integrata dei dati urbani ha consentito la formulazione di specifiche standardizzate e condivise con molti stakeholder e reti internazionali, da trasferire alle città per avviare i loro processi di digitalizzazione. È stata consolidata la sperimentazione della SCP presso la città di Livorno come progetto pilota di riferimento per tutte le altre città italiane ed è in fase di avvio la sua applicazione nei principali comuni della regione Umbria e nella città di Palermo. Infine, sul tema delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), è stato avviato lo sviluppo di una piattaforma ICT per il supporto alle comunità sia sugli aspetti prettamente legati alle stesse e sia per l'ampliamento di tali concetti verso una visione delle comunità più ampia, dotata di infrastrutture smart ed aggregante, includendo i temi delle smart communities. In tal senso la piattaforma Smart Energy Community mira alla realizzazione di una vera e propria economia di comunità (basata su principi di token economy e smart contract) orientata verso la flessibilità e l'abbattimento del consumo energetico, attraverso modelli di business ibridi che coniugano sostenibilità energetica, economica e sociale. Tale piattaforma si configura come un portale multiservizi integrato e i primi ad essere stati implementati e resi operativi sono il servizio Recon (<https://recon.smartenergycommunity.enea.it>), per lo studio della fattibilità tecnico-economica delle comunità energetiche, e Dhomus (<https://dhomus.smartenergycommunity.enea.it>), per l'ingaggio e la partecipazione attiva degli utenti domestici nella comunità stessa.

Per quanto riguarda lo sviluppo di sistemi per l'informatica e l'ICT, sono continuate le attività di upgrade dell'infrastruttura di calcolo HPC (cluster CRESCO e ENEAGRID) con supporto alle attività progettuali a tutta l'utenza ENEA, alle PMI e ai partner di progetto. È continuato l'upgrading della connettività delle LAN a 10 e 40 Gb ed è stata aumentata la capacità di storage che ora ha raggiunto il PB. È stata attivata la nuova infrastruttura CRESCOC per consentire l'HPC 24x7 per i servizi di previsione ambientale ed è stato attivato XCRESCO, un sistema di calcolo eterogeneo basato su GPU. È stata realizzata l'infrastruttura dati per lo storage di grandi volumi e l'acquisizione automatica degli stessi (MongoDB) ed è stata resa disponibile una parte delle infrastrutture di calcolo alla ricerca sul COVID, dandone anche supporto applicativo. È stato realizzato un primo prototipo di portale per l'accesso ai BigData in modalità open e al supercalcolo (DYDAS), ed è in corso l'attività per federare le infrastrutture cloud e dati a livello italiano (ICDI). È stata realizzata una valutazione delle politiche di data management nel settore energia (EERA data). È stato reso operativo un workflow per la progettazione numerica di nuovi materiali (Mission Innovation "IEMAP"). Infine, il Dipartimento è fortemente impegnato nell'accelerazione del processo di digitalizzazione dell'Agenzia, in particolare con il progetto SAP4ENEA e con l'introduzione di numerosi strumenti per lo smart working. E' in fase avanzata di diffusione all'interno dell'agenzia di soluzioni cloud volte al lavoro collaborativo (Piattaforma Office365). Sono proseguiti i lavori del progetto SAP4ENEA che hanno come obiettivo la migrazione dei servizi gestionali di Agenzia verso il prodotto SAP in Cloud. In particolare, dopo una prima implementazione del modulo EmployCentral relativo all'anagrafica dipendenti e struttura organizzativa dell'Agenzia, sono state avviate una serie di personalizzazioni per rispondere a specifiche esigenze del servizio del personale. Parallelamente a questo, è stata completata l'analisi dei requisiti per il modulo TimeManagement e sono stati svolti gli UAT (User Acceptance Test), con relativo rilascio di una prima versione del sistema. È stata completata la definizione delle specifiche del modulo del Payroll per la gestione paghe e stipendi. L'attività di migrazione dei sistemi gestionali verso SAP ha anche iniziato ad esplorare l'aspetto della contabilità attualmente gestita con il sistema EUSIS. Il modulo Lotus/Notes si è arricchito di nuove funzionalità, che ne permettono l'utilizzo in modo più immediato e integrato. È stata sviluppata una versione beta di un ambiente capace di gestire il flusso documentale non protocollato. Sono state analizzate le specifiche tecnico funzionali per l'implementazione di un applicativo per il calcolo, l'analisi e l'erogazione degli incentivi delle funzioni tecniche della gestione contratti. Un'intensa attività è stata operata per innalzare il livello di sicurezza della rete e delle infrastrutture. È iniziato lo svecchiamento di numerosi firewall di frontiera con apparati di nuova tecnologia. Vi è ora una forte interazione con i client utilizzati dagli utenti per individuare e reagire anche a minacce del tipo "zero-day" (minacce che si basano sul comportamento del dispositivo dell'utente indipendentemente da firme conosciute). Sono state

introdotte nuove soluzioni (Darktrace) in grado di analizzare il traffico di rete in tempo reale per poter individuare, caratterizzare nel dettaglio e reagire a possibili minacce in tempi brevi. È stato anche predisposto l'innalzamento della banda disponibile verso internet di diversi Centri: si passa da flussi a 1+1 Gbps a flussi da 10+10 Gbps con backbone LAN a 40 Gbps. Contestualmente in molti datacenter è avvenuto uno svecchiamento totale degli apparati portando le connessioni verso i dispositivi a 10 Gbps e le dorsali a 40/100 Gbps.

## **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

Il Dipartimento partecipa a progetti, gruppi di lavoro, commissioni nei principali organismi nazionali e internazionali del settore energetico quali, tra gli altri, EERA (European Energy Research Alliance), BIC (Bio-based Industries Consortium), SET (Strategic Energy Technologies) Plan, IEA (International Energy Agency), CEN (Comitato Europeo di Normazione), EoCoE (The European Energy oriented Center of Excellence: toward exascale for energy), Hydrogen Energy Research Centre, IEC (International Electrotechnical Commission), CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), CUNA (Commissione tecnica di Unificazione nell'Autoveicolo), ETIP Batteries Europe, Batteries European Partnership Association (BEPA), European Battery Alliance, European Clean Hydrogen Alliance, Clean Hydrogen Partnership, Hydrogen Europe Research, CSLF (Carbon Sequestration Leadership Forum).

Il Dipartimento, per conto di ENEA, partecipa al Consorzio MOBILus "MOBility for Liveable Urban Spaces" a cui è stata assegnata la KIC Urban Mobility dell'Istituto Europeo di Innovazione Tecnologica e al consorzio Sisal della KIC Raw Materials del suddetto Istituto. Inoltre, il Dipartimento è presente con un proprio rappresentante nel Consiglio Direttivo di H2IT (Associazione Italiana Idrogeno e Celle a Combustibile) e partecipa con propri rappresentanti ai numerosi Tavoli sull'idrogeno che sono stati istituiti nel corso dell'anno da diverse Regioni. Il Dipartimento è membro dell'Executive Board dell'associazione ICDI (Infrastruttura di Calcolo e Dati Italiana), partecipa all'associazione BigData e alla Fondazione "International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development" ed è membro del Software Heritage. Il Dipartimento, per conto di ENEA, rappresenta l'ENEA negli organi gestionali del GARR, essendo membro del CDA e del CTS.

Nella logica di un contributo integrato di sistema Paese, il Dipartimento coordina, presiedendone la relativa associazione, il Cluster Tecnologico Nazionale Energia, approvato dal MiUR, avente la funzione di descrivere le traiettorie tecnologiche in linea con le politiche nazionali e regionali della ricerca e dell'innovazione, e partecipa al Cluster Nazionale sui Beni Culturali (TICHE) e a quello sulle Smart Communities; infine è partner fondatore della Italian Blockchain Service Infrastructure (IBSI).

Gli interlocutori nazionali del Dipartimento sono soggetti sia pubblici che privati, alcuni di questi partner di progetti, committenti o nell'ambito di semplici accordi di collaborazione. In ambito pubblico sono attive collaborazioni con le principali università nazionali, i principali centri di ricerca quali, ad esempio, CNR, RSE, IIT, INFN, GARR, CINECA, alcune società partecipate ENEA quali CALEF, CETMA, DITNE, TRAIN, T.R.E., TERNA, DITNE, SOTACARBO, il Ministero della Transizione Ecologica, il Ministero dello sviluppo economico, il Ministero dell'Università e della Ricerca, Cluster Tecnologici Nazionali Regionali, altre Amministrazioni pubbliche quali Agenzia per la Coesione Territoriale, Agenzia Entrate, INPS, ANAC, Acquirente Unico, AGID, ASI, CIRA, Consip, LazioInnova, ANAS S.p.A., INVITALIA, ACI, Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e alcuni Enti locali. In ambito urbano interagisce con diverse amministrazioni urbane tra cui Livorno, Brescia, Roma, L'Aquila, Bari, Torino, Genova, Ravenna, Reggio Emilia, Bologna, Palermo, Ragusa e Bergamo. In ambito privato, le attività del Dipartimento vedono il coinvolgimento di varie aziende quali, a titolo esemplificativo, COMET BIOrefining, Versalis, Novamont, Matrica, Materbiotech, Magneti Marelli, Ladurner S.r.l., ASCOT, Rise Technology S.r.l., 3SUN SpA, STMICROELECTRONICS, Hiltron, ECO-PV, AIRBUS S.r.l., Alenia Aermacchi, ENI, ENEL, ENEL GP, ENEL X, EF Solare Italia, Hera, A2A, ARETI, Iren, Eni, SNAM SpA, SGI SpA, Acea, IBM, General Electric Transportation, Toyota Europe, AIRBUSAVIO, HP, Olivetti, Poste Italiane, Baker Hughes (Nuovo Pignone), Cantieri Navali, Trenitalia, ABB, Ansaldo Nucleare, Centro Ricerche FIAT, Italcementi, MAGALDI, Maire Tecnimont SPA, Processi Innovativi S.r.l., Exergy, Techint SPA, Tenaris, Fata S.p.A e Gruppo Danieli S.p.A, Manz Italy, Angelantoni Test Technologies, AC Boilers SpA, Valmet SpA, Clp srl, Soltigua srl, Elianto



srl, Biomasse Italia SpA, Brembana e Rolle S.p.A., Ferrari, GardaUno, SAIPEM SpA. Con riferimento al tema dell'idrogeno, numerosi sono gli accordi di collaborazione, i protocolli d'intesa e i contratti stipulati. Si citano i principali: ENEL GP, CIRA, SIAD, SAIPEM, SHELL, YOKOGAWA, ERREDUEGAS, CALZEDONIA, CNVVF, FBK, Ordine degli ingegneri di Roma, CIG, ANSFISA, INVITALIA etc.

Infine, si citano le collaborazioni con diverse associazioni di categoria/agenzie quali ANCMA, ANFIA, ANIE, ANIMA ART-ER, Confindustria.

Gli interlocutori internazionali sono primarie università europee ed extraeuropee quali, ad esempio, Strasburgo (F), Leeds (UK), Bratislava (SVK), DTU (DK), The Queen's University of Belfast (UK), University of Tennessee (USA), Universität Mannheim (D), Universität Passau (D), Universidad Rey Juan Carlos (E), Université Libre de Bruxelles (B), Cranfield University (UK), Università di Brighton (UK), Università di Birmingham (UK), Imperial College of Science, Technology and Medicine (UK), KAUST (King Abdullah University of Science and Technology) (Arabia Saudita), Université Paris Descartes (F), Technische Universität München (D), École Polytechnique Fédérale de Lausanne (CH), Università Politecnica di Valencia (E), Scuola Politecnica Federale di Losanna (CH), Aristotle University of Thessaloniki (GR), Norwegian University of Science and Technology (NOR), University of Sopron (HU), Hirosaki University (J), Utsunomiya University (J), University of Connecticut (USA), Tel Aviv University (ISR), Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics (CHI), Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (CHI), École Polytechnique Montréal (CAN), Universidad Nacional Autónoma de México (MEX), Universidade Federal de Santa Catarina (BRA). Il Dipartimento partecipa a varie iniziative internazionali, tra cui il Joint Programme "Smart Grids", il Joint Programme "Photovoltaic Solar Energy", il Joint Programme Smart Cities, il Joint Programming Initiative Urban Europe e il Joint Programme trasversale "Digitalization for energy" della EERA (European Energy Research Alliance). Molti i contatti con importanti centri di ricerca europei quali, a titolo d'esempio, JRC, IT-USA Joint Collaboration on Science and Technology ICT Working Group (coordinato da un rappresentante TERIN), IMEC (Belgio), Fraunhofer (CSP, IPA) (Germania), INES CEA (Francia), DBFZ (D), NTNU (Norvegia), Forschungszentrum Jülich (D), Fraunhofer Gesellschaft (D), Oak Ridge National Laboratories (USA), CEA (F), ESA (European Space Agency), NIST (USA), Austrian Institute of Technology (A), DLR (Institute of Combustion Technology) (D), CIRCE (Centro de Investigación Recursos y Consumos Energéticos) (E), CNRS (F), INSA (F), Karlsruher Institut für Technologie (D), Fraunhofer Institut (D), Shibaura Institute of Technology (J), KIST (KOR), Israel Institute of Technology (ISR), Center for Research and Technology (GR), Jülich Supercomputing Centre (D), Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung – BAM (D). Numerosi sono stati anche i contatti con aziende estere quali, ad esempio, BEWARRANT (Belgio), Calisolar (Germania), Freemind Group (B), CREATE-NET, Gas Natural FENOSA (E), GE-Global Research Monaco (D), Euro Heat Pipes s.a. (B), Convion (FIN), VTT (FI), DLR (D), SGL Carbon GmbH (D), Solvionic (F), Acktar Ltd (ISR), EnergyMatters (NL), KHT (SWE), Sandvik (SWE), Korean Gas Safety Corporation (KR), SINTEF (NOR), ZegPower (NOR), EPFL (CH), Johnson Matthey (UK), Axon Technologies (UK), Active Audio, Simigon L.t.d., Institute of Inorganic Chemistry Slovak Academy of Sciences, Insolight SA, GlassPoint, ERG, TSK. Il Dipartimento è, infine, presente in organizzazioni e comitati normativi.

## **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

Le molteplici attività del Dipartimento presentano interessanti ricadute economiche sul sistema industriale. Per quanto concerne le attività nel settore della bioenergia e la bioraffineria, l'ENEA conta numerose collaborazioni industriali per lo sviluppo e la qualificazione in esercizio di impianti preindustriali e lo sviluppo di tecnologie di gassificazione e successivo *upgrading* del syngas. Le ricadute investono sia attori industriali operanti nella produzione di energia e biocarburanti avanzati, sia attori del settore della chimica. L'esigenza di estendere il paradigma della sostenibilità in maniera trasversale a tutti i settori produttivi rende le filiere basate sull'impiego di biomasse e, più in generale, di diverse fonti biogeniche, di grande impatto derivante dalla possibilità di valorizzare sottoprodotti agro-industriali e/o di creare nuove filiere del valore in territori agricoli caratterizzati da basso reddito o poco idonei a coltivazioni alimentari. In analogia alle raffinerie da fonte fossile, le bioraffinerie da fonti rinnovabili investono il settore degli intermedi chimici da biomasse di scarto, dei combustibili e in particolare di biocarburanti avanzati, biocarburanti drop-in, *jet-fuels* e trasporto marittimo. Per quanto riguarda il settore chimico, ENEA ha in atto

collaborazioni con interlocutori progettuali quali Novamont nel settore delle bioplastiche e Versalis per i biolubrificanti destinati ad alcuni settori di nicchia tipo aerogeneratori eolici. È stato predisposto un accordo di collaborazione triennale con ENI su temi di comune interesse, tra cui la produzione di bio-oli attraverso processi biotecnologici innovativi per la sostituzione di alcuni oli vegetali convenzionali come l'olio di palma, il solare a concentrazione e lo storage termico e il supercomputing.

Nel settore fotovoltaico si segnala la collaborazione con ENEL Green Power nel filone dello sviluppo di moduli bifacciali ad alta efficienza, con ENEL Innovation, Rem Tec, Gala SpA, Kenergia, Neoruralehub, EF Solare Italia per approcci sinergici tra agricoltura e fotovoltaico, con Rise Technology per lo sviluppo di tecniche di metallizzazione a basso costo e con COVEME per la sostenibilità e il design di moduli di nuova generazione.

Nell'ambito del solare a concentrazione sono proseguite le attività del contratto di servizio con la società Sol.In.Par.. In particolare, è stata fornita assistenza per le fasi di commissioning ed entrata in esercizio dell'impianto solare a concentrazione di Partanna. Si è, inoltre, proceduto alla definizione di tutte le grandezze necessarie per la misura delle performance dell'impianto. Nell'ambito del contratto di servizio con la società Stromboli Solar, è proseguita l'attività di revisione della documentazione relativa al progetto esecutivo di un impianto CSP da 4 MWe con 15 ore di accumulo. L'impianto Stromboli, che è in fase di realizzazione, conferma che i meccanismi ed i piani di incentivazione sul solare a concentrazione previsti dal DM 23/06/2016 sono un valido strumento per lo sviluppo della tecnologia anche in Italia, e per la creazione di una filiera industriale CSP nazionale che possa competere a livello internazionale nella realizzazione di impianti CSP di grande taglia di nuova generazione. Sono inoltre state avviate e concluse le attività del contratto di servizio con la Società FATA SpA, EPC degli impianti solari a sali fusi Partanna e Stromboli, incentrate sulla validazione di un modello prestazionale di impianti solari a sali fusi con collettori solari tipo Fresnel, da utilizzarsi come strumento predittivo per l'analisi di fattibilità tecnico-economica di nuovi progetti industriali. Sono proseguite le attività di ricerca previste nell'ambito del progetto ERANET EuroPaTMoS, principalmente focalizzate sulle prove di caratterizzazione dei componenti degli impianti CSP a sali fusi. In parallelo sono state completate le attività di fornitura di servizi tecnici avanzati alle società SAIPEM SpA ed ENI, dove sono state analizzate la fattibilità tecnica economica dell'impiego di impianti CSP a sali fusi accoppiati a sistemi di accumulo termico per la decarbonizzazione dei processi produttivi dei settori petrolchimico e di caratterizzazione di innovativi sistemi di collettori solari lineari sviluppati da ENI. È stata, inoltre, avviata una collaborazione con GlassPoint per lo scambio di informazioni relative all'impiego di sali fusi nei sistemi solari termodinamici. Nell'ambito del progetto nazionale SolairHP (Bando RdS- CCSE - Tipo B) e del Piano Triennale 19-21 della Ricerca di Sistema Elettrico, è proseguito il percorso tecnologico d'integrazione tra PdC e apparecchiature solari in grado di incrementare l'efficienza del sistema complessivo e fornire all'industria strumenti per una corretta progettazione di sistemi integrati, tali da garantire soluzioni impiantistiche competitive nel settore della climatizzazione. In particolare, è stata sviluppata e testata un'innovativa PdC elettrica a compressione del tipo aria/sole-acqua, reversibile e "multisorgente", in grado di sfruttare sia l'irraggiamento solare che l'aria esterna, quali sorgenti esterne da fonte rinnovabile. Tale PdC utilizza inoltre CO<sub>2</sub> come fluido di lavoro e pannelli ibridi termo-fotovoltaici, in maniera tale da massimizzarne il rendimento nel periodo invernale quando le condizioni termofisiche dell'aria esterna comportano inevitabilmente una penalizzazione delle prestazioni delle PdC attualmente in commercio.

Nell'ambito della generazione di potenza mediante turbine a gas alimentate con miscele idrogenate, l'attività in corso contribuirà a colmare il gap tecnologico tra le turbine a gas di grande taglia e le micro-turbine. Con riferimento ai cicli bottoming a CO<sub>2</sub> supercritica, l'impatto atteso è un sensibile aumento della flessibilità operativa con conseguente riduzione degli oneri di bilanciamento della rete elettrica a carico del sistema. Le attività di ricerca sulla CO<sub>2</sub> supercritica sono sinergiche rispetto ad altri progetti, già finanziati in ambito H2020, sul recupero di cascami termici nel settore industriale. Inoltre, il riuso della CO<sub>2</sub> per la produzione di aggregati, attraverso la carbonatazione di scorie o la produzione di combustibili innovativi con processi al plasma freddo, rende economicamente sostenibile la decarbonizzazione di settori industriali ad alta emissione di carbonio.

Per quanto attiene alla tematica idrogeno, la realizzazione della Hydrogen demo Valley presso il CR ENEA Casaccia, un incubatore tecnologico per lo sviluppo della filiera dell'idrogeno, costituito da un insieme di infrastrutture hi-tech per la ricerca e sperimentazione lungo tutta la filiera per valorizzarne il suo utilizzo come vettore energetico e combustibile pulito per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'industria, nella mobilità, nella generazione di energia e nel condizionamento ambientale nel settore civile e residenziale, avrà certamente ricadute su imprese, associazioni di categoria, istituti di ricerca ed università che a vario titolo collaboreranno al progetto. L'Hydrogen Valley ha l'ambizione di essere il primo progetto dimostrativo dell'intera catena del valore dell'idrogeno e intende rappresentare un ecosistema che integra domanda e offerta di idrogeno, offrendo l'opportunità alle aziende nazionali di settore di fare innovazione e validare le proprie tecnologie in un ambiente dedicato, con il supporto di infrastrutture di rilievo e di personale qualificato. La collaborazione tra ENEA e Confindustria sulla mappatura delle tecnologie, del know-how, dell'evoluzione tecnologica e dei processi industriali che utilizzano idrogeno e dei potenziali in termini di consumo e di capacità produttiva nel breve, medio e lungo termine e per l'analisi della domanda e dell'offerta rispetto alle potenzialità di produzione e utilizzo in Italia dell'idrogeno green e degli investimenti necessari per lo sviluppo di una filiera dedicata, ha sollecitato l'interesse da parte di numerose aziende afferenti al settore Hard to Abate. In particolare, numerose aziende hanno richiesto il supporto ENEA per studi di fattibilità volti a valutare il potenziale utilizzo dell'idrogeno in settori produttivi specifici, piuttosto che per la predisposizione congiunta di proposte progettuali a valere su bandi nazionali ed europei.

Per quanto concerne le celle a combustibile, tecnologia d'elezione per un uso pulito ed efficiente dell'idrogeno, il Dipartimento è un punto di riferimento per l'interlocuzione fra l'industria del settore, la comunità scientifica e gli utilizzatori/consumatori. Il Dipartimento continua, infatti, a essere presente sia come partner che come coordinatore in diversi progetti H2020 che hanno come obiettivo lo sviluppo della tecnologia delle celle a combustibile ad alta temperatura, operanti anche in modalità reversibile; in particolare, l'ENEA fornisce supporto alle aziende (nazionali ed europee) che sviluppano la tecnologia, attraverso l'esecuzione di test di validazione e caratterizzazione dei loro prodotti.

Nel settore dell'accumulo elettrochimico, sono attive collaborazioni con interlocutori industriali ai quali poter trasferire le conoscenze acquisite sulla preparazione dei materiali e la realizzazione degli elettrodi per batterie Li-ione, nonché la progettazione e il test di pacchi di batterie, ivi compreso il relativo sistema elettronico di gestione e controllo (BMS) del sistema di gestione termica. Le attività di ricerca sui sistemi di accumulo Li-ione hanno condotto alla richiesta di brevetto di una metodologia per la diagnosi dello stato di salute di batterie, che si differenzia dallo stato dell'arte per semplicità/rapidità di esecuzione ed efficacia, trovando già applicazione nell'ambito di contratti con prestigiosi partner industriali.

Nel settore della mobilità elettrica, il risparmio unitario "del sistema Paese", legato alla sostituzione del termico con l'elettrico per autovettura, è valutato in circa 800.000 tep, oltre a benefici in termini di produzione industriale e di occupazione, al momento difficilmente quantificabili.

Nell'ambito delle attività sul Biocalcestruzzo Aerato Autoclavato (BAAC) è stato depositato un nuovo brevetto denominato BIOAERMAC, sviluppato a partire dal precedente brevetto BAAC all'interno di un progetto PoC ENEA, denominato INNCED, condotto assieme alla società FLUORSID S.p.A. Il nuovo brevetto si inserisce nei settori operativi dell'efficienza energetica e dell'uso sostenibile dell'energia per la produzione di componenti. Inoltre, il brevetto BAAC è stato concesso in licenza d'uso alla società Personal factory s.r.l. per la produzione e commercializzazione di un loro preparato realizzato sulla base del citato brevetto ENEA.

Nell'ambito delle smart cities, della protezione delle infrastrutture critiche, della robotica e dell'Industria 4.0, la principale ricaduta sul sistema industriale è quella di costruire un sistema di filiere industriali che forniscono servizi di valore aggiunto, fornendo un contributo fondamentale alla transizione ecologica e digitale del paese (Smart Nation) in cui la transizione delle città italiane assume un ruolo chiave. Nel settore delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), anche grazie all'avvio del nuovo laboratorio presso il tecnopolo Kilometro Rosso a Bergamo, grazie agli strumenti implementati (Recon ha registrato oltre 3000 progettualità, Dhomus è già applicato in alcune aree di Roma e a Pinerolo) sono state avviate numerose

iniziative a driver sia privato (industriale) che pubblico, indice di nuovi mercati e opportunità che stanno nascendo. Inoltre, si sta fornendo supporto sia al sistema paese in ambito PNRR che alle regioni nei programmi di sviluppo ((Liguria, Emilia-Romagna, Lombardia e Lazio) per implementare un adeguato modello di governo e sviluppo delle CER. Sono attive collaborazioni con STm e trasferimenti tecnologici con VIASAT e SOLERZIA sulla sensoristica avanzata. Infine, nel settore ICT, va rilevato che la disponibilità di infrastrutture integrate ICT, cloud e HPC consente di fornire servizi di calcolo sempre più performanti a disposizione delle attività progettuali dei vari Dipartimenti e delle numerose collaborazioni esterne nel campo dell'HPC e dell'analisi dei dati con tecniche di intelligenza artificiale, sia nell'ambito della ricerca pubblica che in quella delle imprese industriali. Nel corso del 2021 si è provveduto ad espandere la capacità dei sistemi di storage ad alte prestazioni da circa 1.000 TBytes a 5.000 TBytes e a rendere disponibile per il progetto di EuroHPC, TEXTAROSSA, un cluster di nodi ibrido con acceleratori FPGA completo degli ambienti di sviluppo disponibile per attività di ricerca sulla sostenibilità energetica dei sistemi della classe exascale. Sono state inoltre avviate numerose proposte progettuali che vertono a portare l'infrastruttura HPC ai massimi livelli nazionali.

## Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT)

---

**Direttore: Roberto Morabito**

### **FINALITÀ E STRATEGIE**

Il Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) svolge attività di ricerca e sviluppo, implementazione, validazione di strumenti, metodologie e tecnologie innovative, modellistica, sistemi esperti nel quadro generale della transizione verso modelli di produzione e di consumo più sostenibili. Opera in particolare nei settori dell'uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli nei processi produttivi e sul territorio, dei nuovi materiali e dello sviluppo di tecnologie di fabbricazione su di essi basati, dello studio dell'atmosfera e dell'oceano a diverse scale spazio temporali, dell'ingegneria sismica e del rischio idrogeologico, della salvaguardia e sicurezza della popolazione e dei territori, per la conservazione e valorizzazione del capitale naturale e del patrimonio artistico, del sistema agro-industriale per la valorizzazione e la competitività delle produzioni alimentari in termini di qualità, sicurezza e sostenibilità, dei meccanismi e degli effetti degli agenti chimici e fisici in relazione alla protezione della salute.

L'offerta del Dipartimento si rivolge alla Pubblica Amministrazione centrale, regionale e locale, al settore delle imprese e ai cittadini. Il Dipartimento, grazie alle competenze multidisciplinari presenti e alla capacità di integrazione e messa a sistema delle stesse, opera con un approccio di tipo sia "verticale", sulle tematiche proprie delle Divisioni, sia "orizzontale" su diverse tematiche trasversali per rispondere in modo sinergico alla domanda proveniente dal Sistema Paese.

Il quadro di contesto in cui trovano indirizzo le attività del Dipartimento sono i programmi dei principali organismi internazionali (ONU e Unione europea, riportando a titolo esemplificativo la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite, la EU strategy on adaptation to climate change, il Circular economy package, Horizon Europe e Green Deal, Advanced Materials Initiative AMI2030) nonché, in ambito nazionale, i programmi delle istituzioni principali nei settori di intervento del Dipartimento (MASE e MIMIT), il Piano Energia Clima 2030 e la Strategia Energetica Nazionale, nonché il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Le attività del Dipartimento vengono svolte nell'ambito di convenzioni e accordi di programma con la PA centrale, in particolare MASE e MIMIT, con riferimento ai temi dell'economia circolare e delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici, e MUR con l'impegno nelle piattaforme e nei Cluster tecnologici nazionali e nel Programma Operativo Nazionale Ricerca e Innovazione; della fornitura di servizi avanzati alle Amministrazioni pubbliche a livello regionale e locale, e del supporto per l'individuazione di possibili finanziamenti nazionali e comunitari; del trasferimento dei risultati della ricerca al sistema produttivo, sociale e culturale; della partecipazione a progetti nazionali e internazionali con altri enti/amministrazioni e soggetti pubblici.

### **PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2021, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2021-2023**

**Obiettivo triennale SSPT.OS.01 – Sviluppare tecnologie, metodologie e strumenti per la gestione efficiente delle risorse al fine di supportare l'attuazione di politiche e pratiche di economia circolare e di chiusura dei cicli**

Nel corso del 2022 il Dipartimento ha consolidato il suo ruolo nelle attività legate alla transizione verso modelli di Economia Circolare e Bioeconomia.

Sono proseguite le attività di coordinamento a livello europeo sia nella rete europea European Circular Economy Research Alliance (ECERA, costituita da 10 enti di ricerca di differenti nazioni europee) sia nei leadership groups dell'ECESP (European Circular Economy Stakeholder Platform). A livello nazionale l'ENEA

coordina l'Italian Circular Economy Stakeholder Platform (ICESP) cui aderiscono circa 170 organizzazioni di stakeholder e oltre 800 esperti.

ENEA partecipa inoltre in supporto al MASE all'Osservatorio per la Strategia Nazionale dell'Economia Circolare, che ha iniziato le attività a fine 2022.

L'ENEA, con la Presidenza della Commissione Tecnica UNI per l'Economia Circolare (CT 057), svolge il ruolo di coordinamento a livello italiano della iniziativa internazionale "ISO/TC 323 Circular economy" per lo sviluppo di uno standard per l'economia circolare. ENEA partecipa anche ai lavori della Commissione tecnica UNI CT058 "Sustainable Cities and Communities".

A livello europeo, il ruolo di coordinamento dell'ENEA sui diversi ambiti dell'economia circolare e delle materie prime critiche, trova riscontro nella partecipazione al progetto europeo SCRREEN2, e alla prossima proposta SCRREEN3, per la creazione di un network di esperti per fornire consulenza alla Commissione Europea su tutte le materie prime esaminate dalla lista CRM 2020 e le relative catene del valore. Sempre a livello europeo, ENEA coordina il progetto InterregMed B-Blue per la definizione di modelli di governance della transizione verso una crescita blu circolare e sostenibile nei settori che sfruttano le biorisorse del mare.

A livello nazionale, i rapporti con la Pubblica Amministrazione centrale sono proseguiti tramite le attività di supporto al MIMIT (ex MiSE) nell'implementazione del Regolamento REACH e sulle tematiche delle materie prime critiche e dell'economia circolare in generale. In particolare si ricordano le collaborazioni nell'ambito del programma Ricerca di Sistema Elettrico sul tema dell'efficienza energetica dei sistemi di trattamento delle acque reflue, nella "realizzazione di strumenti e iniziative sull'economia circolare a vantaggio dei consumatori" e l'avvio delle attività di supporto e gestione dell'intervento agevolativo "Economia Circolare" di cui al Decreto del Ministero dello sviluppo economico 11 giugno 2020, nel corso dell'anno sono proseguite le attività di valutazione dei progetti iniziate nel 2021. Proseguono anche le attività del Progetto ARCADIA (2019- 2023) - Approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA per l'uso efficiente delle risorse finanziato da ACT nell'ambito del PON - GOVERNANCE.

Nel 2022 sono proseguite le attività di collaborazione con il MiTE (oggi MASE) avviate nel 2021 relative all'accordo sulla gestione delle Aree Industriali, del loro rapporto con il territorio e per la valutazione ambientale dei processi di bioraffinazione.

Sui temi della Bioeconomia circolare legata ai sistemi agroalimentari, l'ENEA continua la partecipazione al MoU tra la FAO e i più importanti Enti di Ricerca nazionali (CNR, ENEA, CREA e ISPRA) e, a livello euromediterraneo la partecipazione all'iniziativa PRIMA. In ambito europeo, continua l'impegno di ENEA in qualità di partner beneficiario ai progetti "iNEXT-Discovery - Infrastructure for transnational access and discovery in integrated structural biology" e nell'ambito della call H2020 INFRAIA-01-2018-2019 Integrating Activities for Advanced Communities – Integrating and opening research infrastructures of European interest - Azione RIA, FNS-CLOUD e PROVIDE, progetti finalizzati alla creazione e coordinamento di centri di ricerca pan europei. Ulteriore impulso a queste attività viene dal progetto europeo PEFMED PLUS: condivisione di conoscenze e metodologie riguardanti l'impronta ambientale di prodotto nel settore agroalimentare.

A livello nazionale continua ad essere rilevante il ruolo svolto nell'ambito della Strategia Nazionale sulla Bioeconomia attraverso il coordinamento interministeriale di MiSE, MUR e MiPAAF, oltre alla partecipazione a gruppi di lavoro dei Clusters Tecnologici Nazionali "Fabbrica Intelligente" sulla manifattura, CL.A.N. sull'AgriFood, Trasporti e Blue Growth sulle biotecnologie marine, così come a livello regionale la partecipazione ai Clusters Lucani sulla Bioeconomia e Basilicata Creativa e al Consorzio TeRN-Tecnologie per l'Osservazione della Terra ed i Rischi Naturali. In particolare, nell'ambito del PNRR sono stati presentati ed approvati nel 2022 diversi progetti sulla Missione 4 Componente 2 "dalla Ricerca all'Impresa"

attraverso bandi del MUR. Sui temi dell'economia circolare applicata alla filiera agroalimentare il Dipartimento è impegnato su:

Centro Nazionale New models of circular economy in agriculture through waste valorization and recycling. focalizzato su tematiche quali la produzione di nuovi materiali, compositi e composti a base biologica, energia, estrazione di nutrienti, creazione di nuovi prodotti, sviluppo di nuovi strumenti per l'ambiente.

Partenariato Esteso ON Foods - Research and innovation network on food and nutrition Sustainability, Safety and Security – Working ON Foods” - Spoke 2 SMART AND CIRCULAR FOOD SYSTEM AND DISTRIBUTION, dove ENEA è coleader del WP2.1 New technologies for food waste recovery

Infrastruttura Tecnologica per l'Innovazione INFRAGRI dedicata all'Agroindustria con l'obiettivo di sviluppare soluzioni innovative e digitali integrate operando nell'ambito della Bioeconomia ed economia circolare.

Nel 2022 si sono ulteriormente consolidate le collaborazioni anche con la PA locale; in particolare, con la Regione Lombardia con le attività del Laboratorio “Tecnologie della sostenibilità” con focus sull'economia circolare, ospitato presso l'Università di Brescia e sono proseguite le attività di 10 borse di dottorato coordinate da ENEA in collaborazione con le Università Uni Brescia, POLIMI e Università di Milano Bicocca. Nella Regione Basilicata è stato avviato, in collaborazione con il Cluster Basilicata Creativa (POR FESR 2014-2020 Asse I), il progetto Basilicata Heritage Smart Lab volto a supportare la sperimentazione di prototipi innovativi nei settori della creatività, della cultura e del turismo con l'implementazione di venti smartlab in diversi luoghi della regione Basilicata. Nel corso del 2022 si è consolidato il rapporto con la Regione Marche, UNICAM e le imprese afferenti all'iniziativa BIO-KIC, con la costituzione del Laboratorio di ricerca applicata MARLIC (Marche Applied Research Laboratory For Innovative Composites), POR Marche FESR 2014-2020. Obiettivo di MARLIC è creare un punto di riferimento Regionale e Nazionale per la preparazione di nuovi materiali, con particolare attenzione all'utilizzo di materiali bio e all'approccio della circolarità dell'uso e del riuso di materie prime e seconde. Nel 2022 si è, anche, rafforzato il rapporto con la Regione Lazio su attività afferenti al settore dell'estrazione e valorizzazione di biomolecole da processi produttivi agroindustriali (Progetto NOVIPOM) e sistemi biorigenerativi per la produzione nello spazio (Progetto SOLE).

Nell'ambito delle attività in supporto alle imprese sono state avviate attività nel settore della gestione integrata dei rifiuti e della risorsa idrica con ACEA, HERA, AQUASER, WATER ALLIANCE, UTILITALIA, ENEL, CONAI, ENI, Costa Crociere. Sul tema della Simbiosi Industriale sono proseguite le attività del Progetto finanziato dalla Fondazione CARIPLO “CREIAMO - Economia Circolare delle filiere olivicola e vitivinicola, valorizzazione dei sottoprodotti e degli scarti tramite processi innovativi e nuovi modelli di business”.

In merito ai servizi avanzati per l'agroindustria, grazie anche alle attività di CSAgri, continua la collaborazione con SPECIAL PRODUCT'S LINE nel settore della farmaceutiche da pianta, con JANSSEN, UNICAM-BIOSOS per l'impiego di matrici vegetali, sottoprodotti e scarti (materie seconde) con UNITED GENETICS, AGROSERVICE, CONVASE, CGSementi, CDI-Mukki, LA MARZOCCO, per il miglioramento genetico, caratterizzazione genomica e metabolomica di colture di interesse industriale, con BIOVECBLOCK per la riduzione dei rischi sanitari negli ambienti urbani determinati da insetti vettori (zanzara tigre) e con G&A ENGINEERING e CULTIFUTURA per la produzione ottimizzata di microverdure in sistemi chiusi.

Nel 2022 sono state promosse diverse iniziative per la formazione sui temi dell'economia circolare. Si ricordano il Progetto “SMILE” per le imprese in Emilia-Romagna e la formazione per i docenti della rete 'Ambito 18' con capofila l'Istituto Comprensivo Statale Giovanni Falcone di Copertino (Lecce). Inoltre, si è fornito il supporto scientifico alla rivista online [Economicircular.com](http://Economicircular.com), promossa da ERION e CDCA, e tale collaborazione è stata rinforzata con un bando per borse di studio per giovani laureati, finanziate da ERION (lanciato a novembre 2022).

## **Obiettivo triennale SSPT.OS.02 – Sviluppare materiali innovativi, studiati anche sotto il profilo della sostenibilità, favorendone l'applicazione in diversi settori industriali**

Sono proseguite le attività di due progetti H2020. Il primo è PULSE COM, dedicato alla messa a punto e applicazione di materiali polimerici fotomobili, il cui comportamento è bistabile come i materiali a memoria di forma ma è attivabile mediante la luce, le cui previste applicazioni sono nelle finestre intelligenti e nella realizzazione di microgeneratori di elettricità. Il secondo è SI-DRIVE, dedicato allo sviluppo di materiali innovativi per batterie: anodi a base di silicio e liquidi ionici elettrolitici.

Il collegamento con i materiali per l'energia, si sviluppa anche mediante le attività di Mission Innovation ove le stesse polveri di silicio per batterie vengono ottenute mediante macinazione di celle fotovoltaiche. Inoltre nell'Accordo di Programma RSE (PTR 2022-2024) – Tema 1.4 assegnato al coordinamento di SSPT-PROMAS, continuano le attività di sviluppo dei materiali per la conversione del calore disperso in energia elettrica (effetto termoelettrico e piroelettrico). A questa azione si aggiungono lo sviluppo di sorgenti di luce integrabili in componenti edilizi, nano-catalizzatori magnetici.

Altre attività del Tema 1.4 ADP RSE riguardano lo sviluppo di tecnologie di Additive Manufacturing (AM), che hanno prodotto vivace interesse da parte dei valutatori CSEA. Esse fanno parte di un quadro molto più ampio di attività di AM. Infatti nel 2022 è stata completata la installazione e il collaudo delle apparecchiature che costituiscono l'Infrastruttura MAIA (4,6 M€), che ha superato con successo le verifiche tecniche ed amministrative finali. MAIA sarà dedicata alla realizzazione di materiali, processi e manufatti AM per componenti del settore aeronautico e biomedico. Le attività di MAIA sono ora possibili, con tutte le apparecchiature disponibili per la richiesta di servizi, sulla base del Regolamento di Accesso approvato dalla Regione Lazio e dell'avvenuta approvazione dello specifico tariffario.

Le attività di "stampa 3D" di materiali riguardano in realtà un ventaglio ancora più ampio di applicazioni, perseguite con attrezzature di taglia più piccola: sviluppi di materiali ceramici 3D, qualifica di rame secondario per stampa 3D, compositi polimerici arricchiti con nanoparticelle funzionali sintetizzate con plasma termico. Tali apparecchiature sono la base di una rete articolata e sinergica di competenze e di offerta di innovazione che viene supportata da uno specifico gruppo di lavoro.

Di tale rete fanno parte anche le apparecchiature del nuovo Laboratorio "Materiali e processi industriali sostenibili 4.0", parte delle attività ENEA presso il Parco Scientifico Tecnologico KmRosso di Bergamo. Nel 2022 risulta praticamente completata l'installazione delle apparecchiature tecnico-scientifiche, che rende possibile l'operatività totale del Laboratorio nel 2023. Tra il 2022 e il 2023 completano il loro ciclo di studi e acquisiscono il titolo di studio ben 7 dottorandi, finanziati dalla Regione Lombardia.

Le attività di ispezione e test non distruttivi, che sono condotti avvalendosi delle ampie disponibilità strumentali della Divisione PROMAS, sono stati sviluppati e perfezionati con successo, sia tramite commesse finanziate dalle industrie aerospaziali (AVIO), che con commesse finanziate da vari operatori del settore del patrimonio artistico, ma anche tramite progetti transfrontalieri dedicati alla messa a punto di metodologie di misura della efficienza energetica negli edifici (REEHUB+). Tale offerta copre anche la Pubblica Amministrazione, attraverso un ampio lavoro di ispezione termografica sulle coperture edilizie degli ambienti interni ed esterni del Palazzo della Farnesina sede del MAECI.

Molto rilevante, per le attività connesse al settore Aerospazio, il coinvolgimento richiesto da ASI, HYPATIA, INFN, affinché ENEA assumesse il ruolo di organismo di ricerca cardine mandatario, nel contesto del Bando della Regione Lazio sui Progetti Strategici. ENEA ha realizzato eventi e raccolto partner, confezionando la proposta LAEROSPAZIO che è stata decretata a finanziamento nell'anno 2020. In questo ambito ENEA riceve l'incarico da parte della Regione Lazio per la gestione dell'intera piattaforma di 7 progetti, in cui l'Agenzia va ad esercitare il ruolo di interfaccia unica, come Mandatario Unico, tra le regioni ed un partenariato di 15 stakeholder (EPR, GI, PMI). Le attività tecnico-scientifiche dei 7 progetti LAEROSPAZIO sono state concluse con successo nel 2022 e sono in corso le verifiche amministrative finali.



Nel 2022 sono state concluse con successo anche le attività dei progetti acquisiti con la partecipazione all'ultimo Bando MIUR-PON 2017 (la maggiore concentrazione di progetti finanziati ad ENEA in quel bando). Le attività vertono nel settore della mobilità terrestre (2 progetti con FCA) e navale, lo sviluppo di materiali e test per il settore aeronautico, metodi di fabbricazione sostenibili e innovativi. Sono in corso di contrattualizzazione ulteriori 3 Progetti presentati sullo stesso Bando.

Proseguono le attività di sviluppo del Regional Center Southern Italy della Knowledge Innovation Community on Raw Materials (EITRM), che consistono in attività di disseminazione e formazione per il settore delle materie prime nel Sud Italia e espandono le relazioni con gli stakeholder europei del settore. Nell'ambito EITRM, ENEA coordina anche il progetto FENICE (upscaling delle tecnologie di fabbricazione dei materiali compositi).

Nel 2022 inizia la partecipazione della Divisione alle attività dell'Ecosistema dell'Innovazione ECOSYSTER (Regione Emilia Romagna) e del Partenariato Esteso per gli Scenari Energetici del Futuro NEST.

Infine, risulta in crescita l'attività di trasferimento tecnologico verso le imprese tramite lo sviluppo dei servizi tariffati (che ora comprende Faenza e Casaccia), le commesse di AVIO (su progetto FIMS-MISE e progetto POC ENEA SAMUT – Fase 2) e i progetti finanziati da MISE-Invitalia (ROSEMARIE) e dal fondo di investimento Eureka! (ALICE).

**Obiettivo triennale SSPT.OS.03 – Sviluppare tecnologie, strumenti e modelli per la prevenzione e riduzione dei rischi naturali e antropici, per la protezione degli ecosistemi e della biodiversità e per la preservazione del patrimonio culturale**

Sul tema della riduzione del rischio da attività antropiche, il Dipartimento ha operato sulle seguenti linee: la caratterizzazione e la definizione dei pathways di contaminanti nell'ambiente e in siti contaminati da attività industriali, finalizzate anche alla bonifica e al restauro degli ecosistemi (Marine Hazard OR1 e OR2), alla messa a punto di strumenti di innovazione, sviluppo e sostenibilità dei processi produttivi in coerenza con la strategia europea di lungo periodo sulla Blue Growth (Progetto ISSPA-FEAMP Campania). Valutazioni su contaminazioni ambientali sono state effettuate anche come supporto e servizi a Enti (Univ. Federico II e IZSM). Servizi di certificazione di materiali (per JRC-IRMM) hanno consentito di valorizzare gli elevati standard dei laboratori di chimica ambientale. Biosensori innovativi con applicazioni nel campo dei Beni Culturali sono stati testati nell'ambito delle attività del PoC "BBC".

Sono terminate le attività del Progetto BRIC INAIL con la caratterizzazione dei processi di degrado e di caratterizzazione di materiale aerodisperso e la valutazione degli effetti sulla salute e l'ambiente. Sul tema degli effetti sulla salute di micro e nanoplastiche è proseguito il Progetto HE Polyrisk, con la collaborazione di altri 14 enti di ricerca e università europee. Le microplastiche sono state anche oggetto di un accordo con ACEA a supporto della gestione di impianti di depurazione e di un nuovo progetto che studia gli impatti delle microplastiche in ambiente artico (PRA – MICROTRACER)

Biotecnologie microbiche per la bonifica di siti industriali e per il recupero di suoli degradati da impatti dovuti a cambiamenti climatici e/o uso agricolo sono state sviluppate e testate in ambito di progetti EU (ERANET-SUPREME) e Nazionali (Cesa, Ortomannu). Con biotecnologie microbiche sono state condotte applicazioni di pulitura e conservazione di beni culturali di grande rilievo (Statue di Michelangelo Sagrestia Nuova di Firenze, Colosseo, Domus Aurea) e servizi a supporto di restauri a Villa Pamphilj e per la Galleria Borghese.

Sono proseguite le attività per l'accordo di supporto al MiTE per la gestione della banca dati sull'uso di prodotti fitosanitari (SifWeb).

Nell'ambito della gestione efficiente e sostenibile della risorsa idrica sono continuate le attività dei due progetti: BLOOWATER che propone soluzioni tecnologiche innovative allo scopo di sviluppare un approccio

metodologico basato sull'integrazione di tecniche di monitoraggio e di trattamento di acque interessate dal fenomeno di fioriture tossiche, ed il LIFE BLUE LAKES finalizzato alla prevenzione e riduzione dei rifiuti di plastica nei laghi attraverso un approccio integrato, che combina la messa a punto di protocolli per il monitoraggio, la governance e le attività di formazione.

Sono state sviluppate soluzioni integrate per aumentare la resilienza dei territori e favorire il loro sviluppo sostenibile, con particolare riguardo alle "nature-based solutions", anche con appositi accordi con enti locali quali l'Autorità di Bacino del Po e del Parco del Lura.

Sono proseguite le attività a supporto di Aree Marine Protette, nell'ambito di collaborazioni con Paesi in via di Sviluppo (PVS) come Vanuatu e Tonga, finalizzate all'habitat mapping tramite remote sensing di vaste aree il cui valore ambientale era ancora poco noto, sulla stessa tematica è stato attivato un nuovo accordo col MASE che riguarda Cuba. Le attività legate all'ambiente marino sono state svolte anche in Antartide (BIOROSS) ed in Artico (campagne High North) allo scopo di valutare gli effetti dei cambiamenti climatici sul biota e sull'ambiente fisico dei Poli.

Il progetto Emodnet Data Ingestion 3 ha proseguito le attività con approfondimenti di aspetti legati alla gestione dei dati marini ed allo sviluppo di linguaggi comuni necessari allo scambio dati a livello globale. Sulla qualità dei dati oceanografici, ed in particolare sugli aspetti metrologici di questi, sono proseguite le attività del Progetto H2020 "MINKE".

Nell'ambito del progetto ES-PA (azioni 3.2.1/3.2.2/3.2.3/3.2.4) si sono sviluppate azioni destinate alla Pubblica Amministrazione finalizzate al turismo sostenibile ed alla realizzazione di linee guida per la gestione sostenibile e la valorizzazione del territorio, mentre col Progetto "Guardiani della Costa" si sono operate azioni di citizen science e formazione per le scuole sui temi della protezione dell'ambiente marino.

Per quanto riguarda l'obiettivo di sviluppare e applicare tecnologie per la mitigazione del rischio sismico e geomorfologico, nel 2022 l'attività dell'accordo con la Regione Siciliana per la valutazione della pericolosità da colate detritiche nel territorio provinciale di Messina è proseguita con campagne in sito e analisi dei dati satellitari che ha portato alla definizione delle prime mappe di rischio e di suscettibilità. Nell'ambito del Distretto Tecnologico del Lazio, i progetti RIPARA e SIS-DAT hanno visto l'avvio delle attività. Il primo sta mettendo a punto una tecnologia innovativa per la protezione sismica del patrimonio architettonico, il secondo sta raccogliendo i dati sul territorio per la produzione di mappe di danneggiamento atteso dei centri storici in relazione a definiti livelli di sismicità. Si è progettato un sistema di gestione di quegli ambienti lacustri del Lazio in base alle proiezioni climatiche che hanno dirette ripercussioni sui servizi ecosistemici forniti da tali sistemi. Gli interventi di manutenzione sugli impianti relativi ai test vibrazionali (Tavole Vibranti, shakers e muro di reazione) hanno incrementato l'offerta di servizi per le imprese. Nel corso del 2022, in continuità con le attività avviate nel 2021, si sono effettuati test sul comportamento di strumenti e strutture cementizie sottoposti a moti vibrazionali, ricavandone indicazioni utili alla progettazione esecutiva. Continua nel 2022 l'attività dell'ENEA nell'infrastruttura di ricerca EMBRC (EU Marine Biology Resource Center) dove l'Agenzia è rappresentata anche nell'Executive Committee.

Nel 2022 è stato rinnovato l'Accordo di Collaborazione tra DSSTTA del CNR, l'ENEA, l'INGV, l'ISPRA, l'OGS, l'Università degli Studi di Catania, il Politecnico di Milano, Sapienza Università di Roma, l'Università di Siena per migliorare la conoscenza della sismicità dei territori per un'adeguata pianificazione degli insediamenti e degli interventi di mitigazione del rischio.

Nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico, sono state eseguiti test su tavola vibrante di prototipi in scala reale di sistemi integrati antisismico-termoisolanti, messi a punto con il partner industriale e applicati ad edifici in cemento armato.

Sempre nel 2022 sono iniziate le attività del Progetto di potenziamento dell'infrastruttura EMBRC con finanziamenti PNRR M4C2 presso i Centri di S. Teresa e Portici. Il PNRR finanzia anche il progetto RAISE (Ecosistema Innovazione Liguria) e il Centro Nazionale Biodiversità.

**Obiettivo triennale SSPT.OS.04 - Sviluppare tecnologie, strumenti e modelli e condurre studi relativi ai cambiamenti climatici con l'obiettivo di favorire l'attuazione di politiche di contrasto e la realizzazione di azioni di mitigazione e adattamento**

Nel corso del 2022 si è portata a compimento l'attuazione di due Progetti PON-Infrastrutture di ricerca (PRO-ICOS- MED e PER-ACTRIS-IT), concludendo tutte le procedure di acquisto e di installazione dei beni acquisiti. Sono stati avviati i progetti relativi al Potenziamento del Capitale umano legati ai due PON-Infrastrutture di ricerca.

Nel contesto del PON Marine Hazard si sono sviluppate le attività inerenti il terzo Obiettivo Realizzativo che prevedono lo sviluppo di un laboratorio per il telerilevamento finalizzato a misure di verifica e calibrazione di osservazioni dallo spazio e si sta realizzando una banca dati di osservazioni dallo spazio inerenti tematiche oceanografiche che ora si trova in uno stato di realizzazione avanzata. Nell'ambito delle attività satellitari del laboratorio OEM è partito l'Accordo di Partenariato tra ENEA e CNR legato alle Attività di CAL/VAL della missione ASI PRISMA, denominato PRISCAV.

I progetti che hanno come focus gli studi in Antartide, sono proseguiti anche con le attività dell'Osservatorio Meteo-Climatologico Antartico sia presso la stazione "Mario Zucchelli" a baia Terranova, che presso la stazione Concordia sul plateau antartico. E' stato avviato il Progetto Whetstone che studia le precipitazioni in Antartide. Per ciò che riguarda le attività in artico si sono riavviate, dopo l'interruzione dovuta alla pandemia, le attività in campo presso l'Osservatorio THAAO nel nord della Groenlandia legate alla conclusione del progetto CLARA2, Nubi e radiazione in Artide ed in Antartide e alla prosecuzione del progetto triennale ECAPAC relativo allo studio degli effetti di precipitazione e albedo sul clima dell'Artico. Si sono avviate le attività del progetto SENTINEL che studia l'impatto della diminuzione del ghiaccio marino sulle variazioni climatiche delle regioni artiche.

Sono terminate le attività del progetto PULVIRUS sulla valutazione della riduzione delle emissioni legate alla pandemia sulla concentrazione atmosferica di fondo dei gas serra grazie alle misure acquisite dalla Stazione di Lampedusa.

La partecipazione al consorzio EC-Earth ha consentito di collaborare alla creazione dell'Earth System Model (ESM) europeo. Con l'ESM si è contribuito alle proiezioni climatiche CMIP6, utilizzate per le valutazioni del Sixth Assessment Report on Climate Change dell'IPCC.

Nel progetto CORDEX sono state sviluppate simulazioni climatiche ad alta risoluzione spaziale sull'area Euro-Mediterranea per il presente e futuro. È stato messo a punto un modello regionale in grado di simulare la dinamica dell'atmosfera, dell'oceano ed i processi biogeochimici sulla superficie terrestre, come ciclo del carbonio e ciclo idrologico. Le attività di modellistica climatica previste nel 2022 hanno prodotto simulazioni a lungo termine a scala pan-europea, regionale e locale a risoluzione via via crescente (rispettivamente 15 km, 5 km e 1 km), necessarie a guidare i singoli modelli di impatto ad altissima risoluzione. Questi ultimi includono il modello per la simulazione del moto ondoso e il DLNM (Distributed Lag Non-linear Model) per il calcolo del rischio relativo per la salute umana associato a temperature estreme. Tali simulazioni sono previste nel contesto del progetto KNOWING del programma Horizon. L'esperienza maturata nello sviluppo di modelli climatici globali e regionali ha portato nel 2022 a partecipare al programma di ricerca PNRR "National Centre for HPC, Big Data and Quantum Computing" in uno spoke, denominato "Earth & Climate", che mira alla creazione di un framework nazionale per lo sviluppo di nuove componenti e parametrizzazioni per la modellistica ESM. Il progetto, avviato a settembre 2022, ha durata di tre anni.

Il consolidamento delle esperienze sull'energia dal mare ha condotto alla conferma della linea progettuale nel nuovo Programma nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico e ad una posizione di rilievo nei tavoli europei che disegnano le nuove call sull'argomento. Mentre è in fase di conclusione l'attività di verifica dei risultati del modello di previsione delle onde per l'arcipelago delle Maldive. Nel corso del 2022 si è concluso il progetto Interreg-Med BLUEDeal, dedicato alla promozione delle energie rinnovabili marine e al supporto alla pianificazione della loro introduzione in contesti specifici, seguendo un approccio di tipo partecipativo.

Nel 2022 le attività di simulazione e studio della dinamica del Mar Mediterraneo hanno ricevuto nuovo impulso, grazie al coinvolgimento in tre nuovi progetti internazionali: 1) CoCliCo sul rischio costiero legato all'innalzamento del livello del mare e sul relativo adattamento; 2) CAREHeat per lo studio delle ondate di calore marine e dei loro effetti sugli ecosistemi marini; 3) BIOcean5D per lo studio della biodiversità nei mari europei. Nel 2022 si è inoltre concluso il progetto UE DYDAS (finanziato da CEF TELECOM 2018), relativo alla piattaforma HPC europea per l'analisi dei big data dove abbiamo fornito i dati per il "marine case".

Il posizionamento di ENEA nell'ambito dei servizi climatici, rafforzato dalla costituzione di una Task Force Dipartimentale, è riconosciuto a livello nazionale con la partecipazione di ENEA allo User Forum Nazionale Copernicus con una sua rappresentanza ufficiale.

Lo sviluppo scientifico dei Servizi Climatici è tema alla base dello Spoke denominato "Science underpinning climate services for risk mitigation and adaptation" nell'ambito del partenariato esteso "Return" multi-Risk sciEnce for resilientT commUnities undeR a changiNg climate" finanziato nel programma di ricerca PNRR. Il progetto è partito a dicembre 2022 e durerà 3 anni. L'ENEA è leader del Work Package 4, "Towards a regional high-resolution convection-permitting climate model for weather scenario generation".

Inoltre, a ottobre 2022 è stato avviato il progetto Horizon 'ForestNavigator: Navigating European Forests and forest bioeconomy sustainably to EU climate neutrality' che mira a produrre una valutazione completa e integrata del potenziale di mitigazione del clima da parte delle foreste Europee. Nell'ambito delle azioni per la lotta ai cambiamenti promosse a livello internazionale, il MiTE ha designato l'ENEA come rappresentante nel Technology Executive Committee - TEC. Mentre si è concluso il mandato ENEA nell'Advisory Board del Climate Technology Center and Network – CTCN. Nell'ambito della Low Carbon Research Network, il Dipartimento ha coordinato, da presidente e moderatore, la sessione dedicata alla collaborazione internazionale in ambito clima, nell'evento annuale.

Nel 2022 sono proseguite le attività relative all'accordo con l'Agenzia Italiana per la Cooperazione Internazionale, per fornire assistenza per il rafforzamento della dimensione della sostenibilità ambientale e la lotta ai cambiamenti climatici e la promozione della transizione ecologica nelle attività di cooperazione allo sviluppo.

E' stato concluso il Progetto Internazionale LIFE VEG-GAP sugli strumenti di pianificazione delle nature based solution ed è in corso il Progetto Internazionale LIFE AIRFRESH, per la valutazione degli impatti delle foreste urbane e periurbane sulla qualità dell'aria e la temperatura nelle città.

L'ENEA infine collabora nel progetto LIFE MODERN NEC, nell'ambito della direttiva NEC, per implementare le metodologie di monitoraggio della qualità dell'aria negli ecosistemi naturali.

### **Obiettivo triennale SSPT.OS.05 – Realizzare strumenti di valutazione dell'impatto degli scenari energetici sul sistema climatico e sulla qualità dell'aria**

La partecipazione al Copernicus Atmosphere Monitoring Service CAMS2\_40 Regional Air Quality (previsione europea di Qualità dell'Aria) nel periodo 2021-2025 vede il modello MINNI di SSPT ufficialmente nel consorzio degli 11 modelli individuali nazionali che eseguono le previsioni giornaliere di qualità dell'aria a livello europeo. Dall'appartenenza al consorzio si è generata la partecipazione (su invito) al progetto

CAMEO, vincitore di un bando Horizon Europe, per lo sviluppo dell'assimilazione nel modello di qualità dell'aria dei dati di inquinamento misurati dai satelliti. Questo risultato, fra l'altro, consolida la posizione di riferimento per lo sviluppo di strumenti di supporto alle policy sia nazionali che europee per il MASE, e ci conferma nei principali network europei ed internazionali su queste tematiche (Copernicus, FAIRMODE e UNECE-CLRTAP).

Nel settore della modellistica ENEA ha sviluppato una suite integrata in grado di catturare l'azione combinata di inquinamento atmosferico e cambiamento climatico sulla salute umana, sotto diversi scenari climatici e di inquinamento atmosferico. La modellistica sviluppata ha consentito nel 2022 la partecipazione ai bandi europei in particolare, il progetto KNOWING vedrà l'utilizzo della modellistica integrata per la valutazione degli impatti delle ondate di calore anche sulla salute umana in Europa.

Dal tavolo nazionale Copernicus sulla Qualità dell'Aria è nata la partecipazione nel 2022 al progetto CAMS2\_72IT, in qualità di partner di ISPRA (coordinatore nazionale Copernicus e quindi principal contractor di ECMWF) per la disseminazione dei servizi europei CAMS a livello nazionale.

Nel 2022 si è concluso il progetto integrato Pulviris, di cui una linea specifica era orientata a produrre uno scenario emissivo nazionale "COVID-19" che riuscisse a ricostruire l'impatto delle misure di contenimento sulle concentrazioni dei principali inquinanti atmosferici. Il progetto ha raggiunto risultati molto importanti, che hanno dimostrato l'attualità degli strumenti simulativi messi a punto ed hanno indicato quanto profonde debbano essere le misure da intraprendere per ottemperare ai limiti imposti dalla legge.

Sempre nel 2022 sono proseguite le attività del progetto "Visibility" e LIFE MODERN, in collaborazione con il Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari dell'Arma dei Carabinieri per determinare le variazioni dell'indice di visibilità di parchi naturali e aree protette, come proseguono le valutazioni dell'inquinamento atmosferico prodotto dai forni delle pizzerie a legna. La commessa con TERNA sulla previsione delle incursioni e deposizioni di sale marino sugli impianti di rete e quindi sulla valutazione del rischio di scarica elettrica sugli impianti è in corso ed i risultati modellistici sono molto promettenti.

### **Obiettivo triennale SSPT.OS.06 - Sviluppare tecnologie e strumenti per favorire la sostenibilità nei sistemi produttivi agroalimentari**

A livello nazionale, nell'ambito del PNRR, sono stati presentati ed approvati nel 2022 diversi progetti sulla Missione 4 Componente 2 "dalla Ricerca all'Impresa" attraverso bandi del MUR. Sulle tematiche della sostenibilità dei sistemi agroalimentari il Dipartimento è coinvolto (i) nel Centro Nazionale AGRITECH dove l'obiettivo è generare certificazioni di prodotto delle aziende più rigorose integrando misurazioni di performance finanziarie e non finanziarie con metriche sull'impatto ambientale di prodotti, processi, imprese e filiere, (ii) nell'Infrastruttura di Ricerca METROFOOD (proponente ENEA), per il potenziamento dell'Infrastruttura esistente, inserita nel PNIR tra le Infrastrutture ad alta priorità. Le soluzioni tecnologiche sviluppate integreranno la carta di servizi dell'infrastruttura METROFOOD-RI anche in vista della costituzione dell'ERIC. Il set di servizi offerti consentirà all'infrastruttura di agire come interfaccia tra ricerca e innovazione, attori industriali e consumatori nell'ottica della decarbonizzazione dei processi e della realizzazione di soluzioni per l'economia circolare e la bioeconomia, (iii) nella Infrastruttura di Ricerca MIRRI per valorizzare la biodiversità microbica garantendo alla comunità scientifica e industriale l'accesso alle risorse microbiche, ai loro derivati nonché a tutti i metadati associati, (iv) nel Partenariato Esteso ON Foods - Research and innovation network on food and nutrition Sustainability, Safety and Security – Working ON Foods", ed in particolare nelle attività dello Spoke 3 FOOD SAFETY OF TRADITIONAL AND NOVEL FOODS, (v) nell'Infrastruttura Tecnologica per l'Innovazione INFRAGRI che ha l'obiettivo di sviluppare soluzioni tecnologiche integrate per la digitalizzazione del sistema agroalimentare e di fornire servizi alle imprese del sistema agroalimentare, con particolare riferimento al Mezzogiorno, agendo su tre aree di intervento: (a) Risorse e produzioni agroalimentari e forestali; (b) Nuovi e ground-breaking sistemi agroalimentari, (c) Automazione e logistica avanzata.

Prosegue inoltre la collaborazione con ASI sui progetti dell'AgroSpace (GREEN CUBE, MIG 2, HORTSPACE e REBUS), ponendo l'ENEA in una posizione di leadership nel panorama nazionale. Questa attività si consolida e si rafforza con nuovi filoni di ricerca e sviluppo sul tema della chiusura dei cicli di produzione in ambienti estremi e sulla messa a punto di un microsatellite da lanciare nello spazio per il monitoraggio remoto della produzione di microverdure, con importanti ricadute applicative per l'esplorazione nello spazio e per tutte le attività di "Indoor precision farming". Sempre a livello nazionale proseguono importanti progetti finanziati nell'ambito dei PON MUR (TEBAKA) e MiSE (NUTRI3D), così come l'iniziativa SOIL-HUB a supporto della partecipazione dell'Italia alla Global Soil Partnership e alla rete di eccellenza europea sulla ricerca sul suolo (EJP – SOIL), con l'obiettivo di arginare e mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi agricoli.

A livello regionale prosegue l'attività di 6 progetti PSR della Regione Basilicata su diverse filiere agroalimentari (INNOPROLATTE, Formaggi Lucani PLUS, CEREALIA, PROSIT, TRASIRRIMA, NUTRI.FE, TINNOGEPRA ). A livello europeo rimane forte il collegamento con le attività afferenti ad ESFRI con l'iniziativa METROFOOD-RI e l'avvio dell'early stage per la costituzione dell'ERIC nel dominio Health and Food, così come in ambito Horizon, che ha visto la prosecuzione del progetto DataCloud - Sharing food and nutrition security data towards 2030, per lo sviluppo di sistemi di sicurezza e tracciabilità in ambito food, unitamente alla continuazione di FOODSAFETY4EU.

Continua l'impegno nell'ambito del nuovo Programma Quadro Europeo Horizon Europe 2021-2027, soprattutto sul Cluster 6 "Food, Bioeconomy, Natural resources, Agriculture and Environment", con la partecipazione a progetti per la sostenibilità e competitività delle produzioni agroalimentari (G2P-SOL, NEWCOTIANA, HARNESSTOM, IMPRESA, INNCOCELLS e PROMEDLIFE), per lo sviluppo di vaccini e diagnostici per i patogeni del bestiame (REPRODIVAC), per la valorizzazione delle risorse microbiche (SIMBA), per la sostenibilità dell'ambiente di produzione (EJP SOIL, SOMMIT, MINOTAUR, SERENA), per i servizi integrati a supporto della transizione agroecologica (AGROSERV) per la Digitalizzazione del sistema agroalimentare (DGR4Food), per la tutela della biodiversità nei processi agricoli (BIOMEnext - PRIMA –RIA), per l'analisi dei rischi sulla sicurezza alimentare a livello locale ed Europeo (ECO-READY).

Infine, si è concluso il progetto H2020 MED-GOLD, coordinato da ENEA, che ha sviluppato una suite di servizi climatici a livello prototipale per tre sistemi agro-alimentari tradizionali caratteristici nel bacino del Mediterraneo come l'ulivo e l'olio di oliva, il grano duro e la pasta, la vite ed il vino con il coinvolgimento attivo di partner industriali leader del settore.

Si conferma l'impegno nell'ambito dell'iniziativa europea PRIMA per i sistemi agroalimentari sostenibili e competitivi nel Mediterraneo all'interno del gruppo di coordinamento nazionale e delle iniziative di networking.

A livello internazionale sono continuate le attività di collaborazione nell'ambito del MoU con la FAO su temi afferenti alla sostenibilità dei sistemi agroalimentari nel bacino del Mediterraneo e in Africa e alla sicurezza alimentare dei prodotti trasformati per ridurre le perdite delle materie prime agricole. Continua inoltre il ruolo ENEA di membro del Multi-stakeholder Advisory Committee (MAC) sui Sistemi Alimentari Sostenibili, nell'ambito dell'iniziativa UNEP "One Planet".

Nell'ambito delle nuove applicazioni, un interesse sempre maggiore sta riscuotendo l'attività di Plant Molecular Farming, una piattaforma biotecnologica che utilizza il sistema biosintetico della cellula vegetale per la produzione di farmaci biologici. Nel corso del 2022, è stato approvato il progetto presentato al Ministero della Salute in cui ENEA partecipa per sviluppare un prototipo di pipeline dedicata alla produzione di anticorpi e vaccini da pianta.

## **Obiettivo triennale SSPT.OS.07 – Sviluppare tecnologie innovative - diagnostiche e terapeutiche - per la tutela della salute**

Si sono concluse le attività del progetto NANOCROSS, finanziato dalla Fondazione AIRC per la Ricerca sul Cancro, che ha messo a punto un sistema di somministrazione sempre più sicuro ed efficace di agenti chemioterapici con pubblicazione di molti dei risultati raggiunti. Le attività di innovazione tecnologica nel settore biomedico proseguono con il progetto DTA (“Dosimetria di un nuovo trattamento rTMS in colture 3d della malattia di Alzheimer per l'identificazione di marcatori di efficacia terapeutica”), finanziato nell'ambito del bando “Progetti Gruppi di Ricerca 2020” Regione Lazio e con il progetto Regeneration of Injured Spinal cord by Electro pUlsed byo- hybrid aPproach (RISEUP)”, finanziato da Horizon 2020 FET-OPEN – Novel ideas for radically new technologies, di cui ENEA ha il coordinamento e che prevede la creazione e validazione di un metodo altamente innovativo per la riparazione e la rigenerazione delle lesioni del midollo spinale.

Per quanto attiene la partecipazione al PNRR Missione 4, componente 2 si registra la partecipazione a Rome Technopole (Ecosistemi dell'Innovazione). Il progetto è articolato su 3 aree di specializzazione: “Transizione Energetica”, “Transizione Digitale”, “Bio-pharma e salute”, 6 spoke e 7 tematiche chiamate “Progetti Flagship”. La partecipazione ENEA, attraverso i dipartimenti TERIN e SSPT si concentra sugli Spoke 1 - Ricerca applicata e Infrastrutture di Ricerca e Innovazione, Spoke 2 - Trasferimento tecnologico e nuova imprenditorialità e Spoke 6 - Open Labs: creazione di «open labs» ovvero di laboratori integrati tra ricerca e impresa, per lo sviluppo prototipale e di proof of concept dei prodotti della ricerca e del trasferimento tecnologico di cui agli spoke 1 e 2.

Tra i progetti PoC attivati nel 2020, sono ancora in corso, in quanto prorogati a causa del rallentamento delle attività durante la pandemia da Covid-19, due progetti dal titolo: “Validazione di una piattaforma per vaccini genetici” e “Sviluppo di un prototipo di tumore vascolarizzato mediante biostampa 3D per lo screening di farmaci chemioterapici”.

Nell'ambito del progetto TOP IMPLART, proseguono gli studi degli effetti dei protoni finalizzati alla valutazione della risposta cellulare in combinazione con altre terapie oncologiche. In particolare, proseguono le attività sperimentali relative all'utilizzo di nano-diamanti per radiosensibilizzare le cellule tumorali al successivo trattamento con fotoni e protoni, attività, svolta in collaborazione con il Politecnico di Torino, e agli effetti avversi dei protoni in studi pre-clinici su modelli sperimentali che simulano tumori cerebrali infantili.

Sono state portate a termine, a fine 2022, le attività sperimentali del progetto MENTAL (Approccio multi-omico per l'identificazione di biomarcatori fecali in pazienti con malattia di Alzheimer, finanziato dai fondi 5xmille) per l'individuazione di nuovi biomarcatori diagnostici e prognostici di malattie ad alto impatto sociale, in collaborazione con la Fondazione Santa Lucia, eccellenza italiana nell'ambito della cura delle malattie neurodegenerative.

Il consolidamento delle attività di radiobiologia prosegue con la partecipazione di ENEA in qualità di beneficiario al consorzio PIANOFORTE nell'ambito della Call HORIZON-EURATOM-2021-NRT-01-09 - European Partnership for research in radiation protection and detection of ionizing radiation. Si sono poste le basi amministrative per l'inizio delle attività del progetto SEAWave - “Scientific-Based Exposure and Risk Assessment of mm-Wave Systems (5G and Beyond) con ENEA in qualità di partner.

Sono inoltre proseguite le attività sperimentali del progetto W-SHIELD che è finanziato dalla Regione Lazio nell'ambito della call “Progetti Strategici 2019”, settore Areospazio.

Nell'ambito della tematica “qualità dell'aria indoor-outdoor e salute”, proseguono le attività sperimentali del progetto finanziato BRIC-INAIL “Studio integrato dell'esposizione dei lavoratori al particolato atmosferico in ambienti indoor”; obiettivo finale del progetto è contribuire alla definizione degli appropriati

criteri di valutazione dell'esposizione del lavoratore e della popolazione in generale alle possibili fonti di inquinamento in ambiente indoor.

Sempre in questo ambito tematico, si sono concluse le analisi in silico di dinamica molecolare e docking relative all'obiettivo 5 del progetto multidisciplinare Pulviris, per la caratterizzazione della possibile interazione tra particolato atmosferico e virus SARS-CoV-2.

Si sono inoltre conclusi i lavori del tavolo multidisciplinare Clima-inquinamento e salute, le cui attività sinergiche sono state orientate alla valutazione del possibile impatto congiunto di variazioni della temperatura ed esposizione a specifici inquinanti aerodispersi sulla mortalità delle città di Milano e Roma. Il successo dell'interazione trasversale tra le diverse professionalità ha permesso di estendere i lavori, di un sottogruppo del tavolo, all'analisi dell'impatto di clima e inquinamento nell'ambito di nuove municipalità, quali la città di Napoli.

Si è inoltre avviata la seconda parte delle attività sperimentali per la validazione del prototipo di un contenitore innovativo per il riconoscimento, la raccolta e il trattamento delle mascherine anti-covid usate (MaskBin).

Sono proseguite le attività di revisione sistematica della letteratura scientifica in tema effetti biologici delle radio-frequenze, nell'ambito di due attività progettuali finanziate in un caso dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e assegnato ad ENEA nel ruolo di coordinatore quale "Systematic reviews of exposure to radiofrequency fields and adverse reproductive outcomes (animal and in-vitro studies)", nel secondo attraverso una convenzione ENEA-ISS per un progetto INAIL, per la valutazione del nesso di causa tra esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza e patologie neoplastiche. Per entrambi i progetti sono stati raggiunti tutti gli obiettivi con la pubblicazione su riviste di settore delle revisioni sistematiche. Per quanto riguarda il tema Radiofrequenza e carcinogenesi, questa è la prima revisione sistematica pubblicata anche a livello internazionale.

Infine, nel corso dell'anno 2022, le attività del progetto SPS NATO BioPhyMeTRE ("Novel Biological and Physical Methods for Triage in Radiological and Nuclear (RIN) Emergencies") sono proseguite sia per gli aspetti sperimentali che per le attività di training online a favore del partner del Kazakistan (IRSE) attraverso la creazione di video didattici e di esercizi di inter-confronto focalizzati sui criteri di screening dei danni genetici. Finita l'emergenza pandemica, è stato possibile ricevere la visita di ricercatrici di IRSE per uno stage formativo presso i laboratori del C.R. Casaccia

#### **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

In ambito nazionale i principali interlocutori sono i Ministeri (in particolare il MIMIT, il MASE, il MAECI, il MIPAAF, il MUR, il MIBACT, la Difesa), l'Agenzia per la Coesione Territoriale, l'Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo, la Presidenza del Consiglio, il Comitato Nazionale per le Biotecnologie, la Biosicurezza, e le Scienze della vita (CNBBSV), l'INAIL, la Protezione Civile, l'ASI, le Regioni (in particolare Lazio, Campania, Emilia Romagna, Marche, Puglia, Sardegna, Umbria, Lombardia e Basilicata), numerosi Comuni, l'ANCIM, la Aeronautica Militare Italiana, i Carabinieri Forestali, diversi Cluster tecnologici del MUR (Alisei - Scienze della Vita, Agrifood - filiera agroalimentare, BIG - sviluppo sostenibile nella economia del mare, Fabbrica intelligente, Trasporti, Beni culturali, Chimica Verde), Cluster Regionali (Cluster Regionale "Basilicata Creativa, Cluster Lucano della Bioeconomia,", Cluster Regionale Bioeconomia Regione Puglia), i Distretti tecnologici (in Liguria il Polo DLTM per le Tecnologie Marine, federazioni, associazioni ed organizzazioni di categoria, i Distretti Aeronautici di Puglia e Campania, SSICA, i consorzi partecipati CETMA, DTA, CALEF, CERTIMAC, DTA, IMAST, In.BIO e TeRN, gli acceleratori di start up innovative come AGROFOOD-BIC e Food Innovation Hub. AIRC e AIG sono interlocutori per le azioni relative alle terapie innovative per la cura di tumori e di malattie rare.



Fra le 173 organizzazioni membri della Piattaforma ICESP, coordinata da ENEA e nata nel 2018 sul modello e richiesta della Piattaforma europea ECESP, si menzionano tra i coordinatori l'Agencia per la Coesione Territoriale CNA, UNIONCAMERE, Radici Group, ENEL, CDCA, cui si affiancano: ACEA Ambiente, Confartigianato, UTILITALIA, CGIL, CISL, UIL, Confindustria, i Cluster Agrifood e SPRING, ArTer, Legacoop Puglia, CONFETRA, FISE Unicircular, Italbiotec, Consorzio Italiano Compostatori, ENI, HERA, Novamont, Nespresso, Sustainable Fashion Innovation Society, UNI - Ente Italiano di Normazione, Amici della Terra, realtà del mondo della ricerca quali i Politecnici di Milano e di Bari, Università IUAV, di Bologna e di Torino, diverse Regioni (Emilia Romagna, Puglia, Lombardia, Umbria) e comuni (Pesaro, Prato, Cagliari) e rappresentanti della comunità scientifica e della società civile.

A livello industriale i principali interlocutori sono, oltre alle associazioni di categoria e Consorzi per il riciclo e recupero (ad esempio Corepla, CONAI ed Ecopneus), multiutility come AMA di Roma, ACEA, AQUASER, HERA, UTILITALIA e società come Eni, ENEL Produzione, Costa Crociere, ENEL Green Power, CSM, FCA-Stellantis, Leonardo, AVIO, Telespazio, Aeroporti di Roma, Federdistribuzione, Viveracqua, FOS, Beghelli, Scianatico, Bosch, Brembo, Novamont, United Genetics Seeds, Loro Piana, ALFRUS SpA, FILENI SpA, Special Product's Line, G&A Engineering, Alfasigma, Esserepharma, Santer Reply S.p.A. Accademia Nazionale del Caffè espresso, Janssen SpA, Simitecno, TERNA.

In ambito comunitario e internazionale, i principali interlocutori sono la Commissione Europea, il JRC di Ispra, l'UNIDO, la FAO, la IAEA, l'OMS, le Piattaforme tecnologiche europee. Tra le collaborazioni attivate nell'ambito della KIC "RawMaterials" e della "Climate KIC" si citano quelle con organizzazioni nazionali e internazionali tra i quali il Fraunhofer (Germania), ARKEMA, SUEZ Environment, il Centro Ricerche FIAT (Italia), CEA, IVL, VITO, SINTEF, RVO, IETU, TECNALIA, numerose Università.

Sempre a livello internazionale, come follow-up delle attività svolte in collaborazione con il MASE, si citano le collaborazioni con i Governi e diversi Istituti di ricerca pubblici di alcuni Paesi in Via di Sviluppo, tra i quali le Maldive, Vanuatu, Tonga, il Lesotho, l'Etiopia, il Sudan, il Botswana, Cuba, l'ufficio UNDP Eswatinidi Eswatini.

## **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

Le ricadute sono di tipo tecnologico e metodologico, e sono frutto delle attività di progetto, di accordi di collaborazione e servizi alle imprese. Tali ricadute si concretizzano nella realizzazione, applicazione, promozione di innovazioni di prodotto, di processo e di sistema in singole imprese (in particolare PMI) ed aree industriali, di capacity building, in tutti i settori di competenza del Dipartimento, e nella fornitura di servizi tecnologici avanzati.

Nel settore dell'agroindustria il Dipartimento lavora con realtà che afferiscono a diverse fasi della filiera produttiva: dalla difesa fitosanitaria delle colture (BiovecBlock), alla shelf life dei prodotti ortofrutticoli (Alegra), alla produzione di packaging sostenibile (MP3), alla produzione di alimenti ad alto valore aggiunto stampati in 3D (Rigoni di Asiago) e di migliore qualità (Accademia nazionale del caffè espresso), alla produzioni di microverdure in sistemi di contenimento (G&A Engineering). Le promettenti applicazioni nel settore biotecnologie farmaceutiche hanno permesso di consolidare i rapporti con importanti imprese come Alfasigma, VIVATIS Srl e Special Product's Line Spa.

Il brevetto riguardante l'Elemento di Rinforzo Antisismico in fibra Naturale ha riscosso l'interesse dell'azienda VE.CAM per verificarne la possibile industrializzazione. Altre aziende produttrici di componenti per la Difesa o il settore aeronautico-spaziale hanno richiesto prove vibrazionali per la qualifica dei componenti stessi. Anche alcune grandi imprese cantieristiche hanno manifestato interesse per l'industrializzazione dei prototipi di macchine per l'energia dal mare e dalle correnti.

Particolarmente rilevante è la collaborazione pluriennale con FCA (su svariati temi come elettronica innovativa per auto, materiali leggeri per i trasporti, batterie, sensoristica), che ora dovrà essere rivisitata

dopo la fusione di FCA e PSA in Stellantis. Nel 2021 sono continuate le attività con Brembo per la ricerca sui materiali ceramici per i sistemi frenanti, mentre con AVIO si sono sviluppate attività di ispezione ultrasonica robotizzata per componenti aerospaziali.

Importante anche il progetto ARCADIA-PONGovernace, che ha come obiettivo favorire l'approccio di ciclo di vita negli appalti pubblici e acquisti verdi, e dove ENEA sta realizzando una banca dati italiana LCA (Life Cycle Assessment) relativa a 15 filiere nazionali tra cui, ricordiamo, edilizia, energia, industria del legno della carta e dell'editoria e industria alimentare, delle bevande e del tabacco. Particolarmente importanti le ricadute "metodologiche" che derivano dal supporto ENEA all'Helpdesk REACH presso il Ministero dello Sviluppo Economico relativo all'assistenza sugli obblighi in caso di utilizzo, fabbricazione o importazione di sostanze chimiche. Il Servizio mette a disposizione delle imprese italiane informazioni sulla regolamentazione, offre una serie di strumenti per agevolare le imprese negli adempimenti normativi, promuove attività di formazione e informazione per le imprese sulle tematiche di maggiore interesse (seminari, conferenze, webinar, etc).

Sotto il profilo dell'impatto "metodologico" va sottolineato il ruolo di Mandatario conferito all'ENEA dai 15 partner dell'iniziativa "LAerospaZIO" descritta in precedenza. Il ruolo di Mandatario nei confronti della Regione Lazio si concretizza nella possibilità di offrire i consueti servizi di coordinamento tecnico e procedurale ad alto livello della compagine da parte di SSPT, accoppiata alle competenze generali sul trasferimento tecnologico assicurate dalla Direzione ISV, che è parte integrante dell'iniziativa.

L'attività di trasferimento tecnologico ha consentito di mettere in diretto contatto l'offerta delle imprese nazionali con la richiesta proveniente dai PVS, che riguarda normalmente tecnologie e servizi con un elevato grado di maturità, che trattano un ampio spettro di tematiche che vanno dalla gestione dei rifiuti, all'approvvigionamento della risorsa idrica, al trattamento di reflui, all'inquinamento atmosferico e delle acque, alla bonifica di siti inquinati e di miniere, alla sicurezza sismica degli edifici strategici e delle infrastrutture, al settore agroalimentare, alla fornitura di servizi climatici per il turismo, l'energia e l'agricoltura e allo sviluppo di materiali e processi di fabbricazione e diagnostica per il settore dei beni culturali.

Continua la collaborazione con le aziende nell'ambito dei progetti POC dove il Dipartimento ha avuto ampia partecipazione e successo, si ricorda il POC - "Fase 2" SAMUT, ove l'impresa AVIO partecipa finanziariamente, per lo sviluppo di un sistema di ispezione ultrasonica di componenti per motori aerospaziali. Le competenze di biologia molecolare e delle tecniche di PCR su cellule umane hanno permesso di collaborare con aziende nel settore di macchine dedicate all'analisi dei tamponi naso-orofaringei, con aziende del settore farmaceutico per lo studio di molecole e principi attivi per la valutazione dell'efficacia terapeutica e di possibili effetti collaterali.

Le ricadute economiche delle attività di trasferimento tecnologico per le imprese nazionali sono valutabili quindi, per quanto riguarda l'impegno di SSPT, in numero di contatti tra imprese nazionali e domanda pubblica e privata locale, a seguito delle attività di informazione e disseminazione (svolte con visite, convegni e workshop). Le ricerche prodotte nell'ambito dell'Accordo di Programma per la Ricerca sul Sistema Elettrico, per l'energia dal mare e i materiali di frontiera per usi energetici, divengono patrimonio della comunità scientifica nazionale grazie alla disseminazione, completa e istituzionale, praticata dal MiSE. Si vuole sottolineare infine l'estrema rilevanza delle ricadute che le attività del Dipartimento hanno anche sull'intero Sistema Paese a livello nazionale e anche locale con benefici nei sistemi produttivi, nella gestione del territorio intesa sia in termini di miglioramento delle prestazioni/condizioni ambientali sia in termini di miglioramento della governace locale dei processi di transizione grazie alle azioni di coinvolgimento partecipativo degli stakeholder locali promossi da ENEA in collaborazione con le PA locali.

## Dipartimento Unità Efficienza Energetica (DUEE)

---

**Direttore: Ilaria Bertini**

### FINALITÀ E STRATEGIE

Il Dipartimento Unità per l'Efficienza Energetica (DUEE) è l'istituzione di riferimento nazionale sul tema dell'efficienza energetica, nell'ambito delle funzioni proprie di Agenzia Nazionale per l'Efficienza energetica assegnate all'ENEA dal d.lgs. n. 115/2008, finalizzate al conseguimento degli obiettivi assunti dal Paese volti al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, nel rispetto degli obblighi derivanti dalle direttive comunitarie. Le attività del Dipartimento trovano indirizzo nelle linee di intervento del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), nei provvedimenti correlati e nei programmi europei in materia di efficienza energetica.

DUEE fornisce supporto tecnico all'Amministrazione centrale per l'attuazione delle direttive europee, per la programmazione e il monitoraggio delle relative misure (PAEE, RAEE...), per la definizione e l'attuazione delle politiche di incentivazione (Ecobonus, Superbonus, energivivori...), per la verifica del raggiungimento degli obiettivi indicativi nazionali, per il rafforzamento delle politiche di coesione territoriale.

Il Dipartimento svolge inoltre attività di studio, analisi, sviluppo di metodi, strumenti e prodotti, controlli sugli interventi richiedenti detrazioni fiscali, certificazioni, diagnosi energetiche, interventi di formazione e informazione finalizzati a una corretta alfabetizzazione dei cittadini e una qualificata professionalità degli operatori del settore.

Le attività di DUEE vengono svolte principalmente nell'ambito di convenzioni, protocolli e accordi di programma con la PA, le imprese e gli operatori economici, anche attraverso la Rete degli Uffici Territoriali ENEA, che assicura la più ampia e omogenea applicazione della legislazione energetica su tutto il territorio nazionale, e svolge un'azione di raccordo tra i decisori pubblici e gli operatori privati, per favorire l'adozione di criteri di sostenibilità energetico-ambientale nei processi di sviluppo locale.

Attraverso i propri laboratori di ricerca e la rete di Uffici Territoriali dislocati su tutto il territorio nazionale, il Dipartimento fornisce supporto tecnico e scientifico al settore industriale e dei servizi per promuovere e facilitare l'adozione di misure di efficienza energetica coerenti ed economicamente vantaggiose ed ai cittadini per promuovere una nuova cultura più attenta alla riduzione degli sprechi e ad un uso efficiente dell'energia.

Le attività di DUEE si concretizzano inoltre attraverso l'offerta di servizi commerciali, nelle azioni di trasferimento di conoscenze, comunicazione e informazione, nonché nella partecipazione a programmi nazionali e internazionali di R&S, per l'implementazione di metodologie e dimostratori che favoriscano la replicabilità e la diffusione capillare di tecnologie efficienti, a vantaggio dell'aggiornamento della domanda tecnologica da parte del mondo produttivo e delle pubbliche amministrazioni, e permettano a DUEE la formulazione di una offerta tecnologica maggiormente sintonica con le richieste.

### PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2021, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2021-2023

Il Dipartimento DUEE ha svolto regolarmente le attività istituzionali e programmatiche previste. Anche nel corso del 2022, sono stati utilizzati tutti gli strumenti ed i sistemi informativi disponibili per la condivisione dei dati, delle informazioni e dei risultati, come già avvenuto negli anni precedenti.

#### **Obiettivo triennale DUEE.OS.01 – Nel rappresentare il riferimento nazionale dell'Agenzia sul tema dell'Efficienza Energetica, rafforzare il suo ruolo volto al conseguimento degli obiettivi assunti dal Paese**

Al raggiungimento di questo obiettivo concorrono entrambe le Divisioni del Dipartimento DUEE: la Divisione Sistemi, Progetti e Servizi per l'efficienza energetica (SPS), che svolge attività di sviluppo di sistemi, progetti e servizi volti al miglioramento del livello generale di efficienza energetica, al

conseguimento degli obiettivi nazionali e al potenziamento della competitività del Sistema produttivo nazionale, e la Divisione Servizi Integrati per la Sostenibilità Territoriale (SIST) che contribuisce al collegamento tra la programmazione energetica nazionale e quella regionale degli assessorati energia, ambiente e attività produttive.

Il 2022 ha visto un ulteriore incremento della domanda di sostegno tecnico-scientifico da parte delle Regioni e degli Enti Locali a cui la Divisione SIST ha risposto rendendo fruibile il patrimonio di conoscenze e di risultati della ricerca dell'Agenzia a livello locale. DUEE-SIST dispone di una rete consolidata di Uffici Territoriali che, anche con il supporto della divisione SPS (e in alcuni casi anche degli altri Dipartimenti), fornisce consulenza, supporto tecnico-scientifico e servizi specialistici a Regioni, Enti Locali e sistema produttivo per assicurare la più ampia e omogenea applicazione della legislazione energetica sul territorio nazionale e, nel contempo, rendere disponibile il patrimonio di conoscenze e i risultati della ricerca dell'Agenzia sul territorio.

Inoltre, gli uffici svolgono un'importante azione di raccordo tra i decisori del settore pubblico e privato per favorire l'adozione di criteri di sostenibilità energetico-ambientale nelle politiche e nei processi di sviluppo locale.

Il ruolo di consulenza e supporto si definisce attraverso servizi e attività di:

- Supporto tecnico-scientifico a Regioni e Enti Locali per la pianificazione energetico-ambientale, la gestione di strumenti incentivanti a valenza territoriale, lo sviluppo di progetti pilota per interventi di efficientamento energetico sul patrimonio edilizio, in particolare quello pubblico;
- Formazione e informazione;
- Trasferimento di know-how;
- Coordinamento e Sviluppo di processi pilota innovativi per il miglioramento dell'efficienza energetica nei diversi ambiti locali;
- Consulenza e supporto nella gestione ed implementazione dei sistemi regionali e provinciali delle certificazioni energetiche e dei catasti impianti termici;
- Supporto nella gestione dei PAES/PAESC, coerentemente con il ruolo di Coordinatore Nazionale del Patto dei Sindaci svolto da ENEA.

La Divisione SPS ha continuato a fornire per tutto il 2022 supporto tecnico-scientifico all'Amministrazione centrale per l'attuazione delle direttive europee, per la programmazione e il monitoraggio delle relative misure (PNIEC, RAEE) e dei sistemi di incentivazione, per la verifica del raggiungimento degli obiettivi indicativi nazionali.

Si indicano di seguito le azioni implementate ed i risultati raggiunti nel 2022 per entrambe le Divisioni.

#### **Supporto alle imprese e al cittadino in adempimento a prescrizioni normative**

- Supporto alle aziende energivore e alle grandi imprese per la realizzazione delle Diagnosi Energetiche secondo quanto previsto dall'art. 8 del D.Lgs. 102/14 e ss.mm.ii. Aggiornamento del portale Audit102 (<https://audit102.enea.it/>) per l'invio delle diagnosi energetiche obbligatorie ai sensi dell'Art. 8 D.Lgs. 102/2014. Gestione della casella di posta elettronica [audit102.assistenzaportale@enea.it](mailto:audit102.assistenzaportale@enea.it) per il supporto agli operatori e alle imprese in relazione al funzionamento del portale per il caricamento delle diagnosi Audit102 e della casella [diagnosienergetica@enea.it](mailto:diagnosienergetica@enea.it) per il supporto tecnico agli operatori per la realizzazione delle diagnosi energetiche; gestione verifiche documentali sulle grandi imprese e sulle aziende energivore che hanno inviato la Diagnosi Energetica; aggiornamento delle linee guida settoriali per la realizzazione delle diagnosi energetiche; organizzazione di workshop e seminari in presenza e *on line* sulle diagnosi energetiche ex Art.8 per tutti gli stakeholder del settore (operatori, imprese, enti certificati) e attuazione della prima annualità del programma di sensibilizzazione ed assistenza alle piccole e medie imprese per l'esecuzione di diagnosi energetiche presso i propri siti produttivi e per la realizzazione degli interventi di efficientamento energetico proposti nelle diagnosi stesse (ai sensi dell'art. 8 comma 10 ter del

D.Lgs. 102/2014 e s.m.i). Nel corso del 2022, in accordo con il Ministero, l'attività di controllo prevista dall'articolo 8 comma 6 D.Lgs. 102/2014 è stata focalizzata sulla messa a punto della procedura di valutazione delle diagnosi energetiche pervenute e non ha previsto ispezioni in situ.

- Definizione delle politiche relative all'etichettatura energetica e all'ecodesign. Supporto al Mite per la discussione con la Commissione Europea e gli altri Stati Membri delle proposte di Regolamenti applicativi di prodotto per bollitori, unità di ventilazione, smartphone e tablet, condizionatori d'aria e ventilatori, stufe e caminetti, caldaie, scaldacqua, BACS, con la pubblicazione dei Regolamenti (UE) 2021/341 e 2021/341 (GUUE L 62 del 26.02.2021). Delegazione italiana ai Gruppi ADCO Etichettatura energetica ed Ecodesign e partecipazione a "Subgroup EPREL" e al "Subgroup ICSMS" dedicati alle due banche dati europee create dalla Commissione Europea a supporto della conformità dei prodotti. Standardizzazione mondiale, europea e nazionale nell'ambito dell'IEC SC59D di cui si ricopre il ruolo di Segretario per la preparazione di nuovi standard per gli apparecchi del lavaggio domestico e professionale, e partecipazione all'IEC TC59/WG18 per valutare l'incertezza dei metodi di misura e dell'IEC SC59D, al CLC TC59x e al CEI TC59/61G per la preparazione di nuovi standard europei per i prodotti connessi all'energia. Responsabilità nazionale dell'iniziativa europea nell'ambito del Programma Horizon 2020: *EEPLIANT3-Energy Efficiency Compliant Products 3* una Azione Concertata pan-europea di sorveglianza multi-prodotto. Diffusione nazionale dell'etichettatura energetica e partecipazione a seminari dedicati. Realizzazione della nuova indagine sulla presenza delle etichette in 337 punti vendita per i principali apparecchi domestici in 18 regioni.

- Prima pubblicazione del portale sull'efficientamento energetico degli edifici: l'aggiornamento del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 (di seguito Dlgs 192/05) con il Decreto Legislativo 10 giugno 2020, n. 48, che attua la Direttiva Europea 2018/844/UE, introduce ulteriori indicazioni per la promozione del miglioramento della prestazione energetica degli edifici, in considerazione delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi delle azioni previste, ottimizzando il rapporto tra oneri e benefici per la collettività. Tale Decreto aggiornato, all'articolo 4-quater, introduce il Portale Nazionale sulla prestazione energetica degli edifici. In aprile il dipartimento DUEE ha pubblicato la prima versione del Portale Nazionale sulla Prestazione Energetica degli Edifici (PNPE2) visitabile al sito: <https://pnpe2.enea.it/>.

Partendo da una prima versione in cui i servizi sono limitati ai dati in possesso di ENEA, lo sviluppo della piattaforma crescerà in base alla disponibilità dei dati che verranno messi via via a disposizione dagli altri attori coinvolti nel progetto. Il Portale permette la ricerca, la lettura e l'elaborazione dei dati con varie modalità e strumenti i cui risultati sono consultabili dalle classi di utenza previste attraverso un'interfaccia web avanzata ad elevato grado di usabilità. La proposta si basa su un'accurata analisi delle fonti dati, dei servizi e delle classi dell'utenza. La metodologia utilizzata ha consentito di identificare le funzionalità di cui il Portale sarà dotato in relazione alle richieste dell'utenza finale.

- Aggiornamento e gestione del portale dedicato alla trasmissione ad ENEA dei dati degli interventi di efficienza energetica e utilizzo delle fonti rinnovabili di energia che usufruiscono delle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente ex legge 296/2006 (Ecobonus), delle detrazioni fiscali Superbonus (detrazione del 110%) ex art. 119 del D.L 34/2020 e delle detrazioni fiscali per le ristrutturazioni edilizie ex art. 16 bis del DPR 917/86 (Bonus Casa).

In particolare, è stata aggiornata la sezione del portale che consente la compilazione, il caricamento, la modifica e la consultazione delle asseverazioni e delle schede descrittive, nonché il controllo automatico della congruenza dei principali dati tecnici e il caricamento degli allegati quali gli attestati di prestazione energetica, il computo metrico, l'assicurazione del tecnico abilitato, le fatture dei lavori eseguiti relativi agli interventi di efficienza energetica e utilizzo delle fonti rinnovabili di energia che usufruiscono delle detrazioni fiscali Super Ecobonus 110%. Il sito dedicato al Superbonus è stato aggiornato per tenere conto delle disposizioni apportate dalla legge di bilancio 2022 e delle successive sette modifiche apportate da altrettanti provvedimenti legislativi all'art. 119 del D.L. 34/2020. I siti dedicati all'Ecobonus e al Bonus casa sono stati riprogettati e unificati in un solo sito con due sezioni (Ecobonus e BonusCasa) che è stato implementato con una nuova veste grafica adeguata alle nuove disposizioni della legge di bilancio 2022 e del D.lgs 199/2021.

La nuova progettazione prevede, oltre ad uno studio di usabilità che ha portato a modifiche nella scheda di inserimento interventi, anche modifiche implementative che spostano il carico di lavoro sul lato client, alleggerendo il peso computazionale a carico del server. Questa modalità di lavoro risulta molto più fluida e dinamica per gli utenti.

Di conseguenza anche la modalità di memorizzazione dati è stata ottimizzata, rendendo più snelle le ricerche all'interno del DB e l'estrazione dei dati in forma aggregata.

I dati pervenuti del 2022:

- ECOBONUS: pratiche pervenute: 870.122; investimenti: € 6.901.982.467; Risparmio di energia primaria non rinnovabile: 2.137 MWh/a (dato approssimato da analizzare);
- BONUS CASA: 478.301 pratiche pervenute.;
- SUPERBONUS: **263.722** pratiche pervenute dal 01/01/2022 al 31/12/2022, investimenti: **€ 46.289.381.792.**

È stata fornita assistenza agli utenti rispondendo a quesiti su:

Bonus Casa: **3.589** risposte; tramite Virgilio: 97 598

Ecobonus: 4957 risposte; tramite Virgilio: 133 495

Superbonus 110%: **6.090** risposte; tramite Virgilio: 68 404

Sono state fornite all'autorità inquirente 2265 asseverazioni sulle quali è stata fatta un'analisi preliminare.

Si sono inviate, inoltre, 301 asseverazioni ad avvocati e 20 asseverazioni a soggetti privati.

L'assistente automatico Virgilio ha evaso circa **3.000** quesiti a settimana.

•A favore dei cittadini e delle associazioni di categoria, la Divisione DUEE-SIST svolge quotidianamente attività di informazione e formazione sui sistemi e le tecnologie per conseguire vantaggi energetici, ambientali ed economici in ambito domestico e attività di consulenza e assistenza su disposizioni di legge in materia di risparmio ed efficienza energetica.

Tra gli strumenti utilizzati a questo fine c'è l'aggiornamento del sito di Dipartimento/Agenzia ([www.efficienzaenergetica.enea.it](http://www.efficienzaenergetica.enea.it)). Nel corso del 2022 sono state pubblicate 176 news nella homepage e 12 schede sub Pubblicazioni, in aggiunta alle informazioni relative alle detrazioni fiscali di cui al precedente punto.

Nel corso del 2022 non è stato possibile contabilizzare il comportamento del pubblico nell'utilizzo del sito, in quanto in ENEA non è più consentito utilizzare Google Analytics e non è stato individuato un sistema alternativo.

L'attività di informazione si è sviluppata anche attraverso la gestione dei social i cui principali risultati sono stati:

- Facebook al 31.12.2022: risulta il coinvolgimento di 10.100 follower sulla pagina ufficiale della Campagna Italia in Classe A e di 3.200 follower sulla pagina di Donne in Classe A, attraverso una campagna quotidiana di produzione multimediale informativa, contenutistica e di promozione delle attività interne al Dipartimento. I post sulla pagina Facebook di Italia in Classe A prodotti nell'anno di riferimento sono pari a 174.
- Instagram al 31.12.2022: realizzazione della campagna di comunicazione sul Glossario dell'Energia con oltre 93 post dedicati sull'account ufficiale di Italia in Classe A. Il canale Donne in Classe A ha invece ospitato il nuovo format di informazione SHE (format ideato e prodotto dal Dipartimento a partire da settembre 2021) che nella sua prima stagione ha realizzato 6 puntate sul tema della transizione energetica.
- LinkedIn - Twitter – Youtube
- È stata svolta una attività collegata al principale canale Facebook.

Sono stati realizzati anche specifici prodotti multimediali per la Summer School e progetti europei (es. Greenroad, e in supporto alle esigenze di comunicazione del Dipartimento.

### **Azioni di coordinamento, consulenza e supporto alla PA Centrale e periferica**

- Partecipazione alla cabina di Regia del Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della PA Centrale (PREPAC), composta dai Ministeri dello Sviluppo Economico, dell'Ambiente, GSE ed ENEA per la valutazione delle proposte presentate e la stesura della graduatoria di merito definitiva.
- Redazione del vademecum per il cittadino "Indicazioni essenziali per una corretta impostazione degli impianti di riscaldamento a gas"
- Supporto al MITE per lo schema di decreto di aggiornamento del "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" di cui al D.M. 26 giugno 2015.
- Supporto e consulenza al MiTE, d'intesa con il CTI, per la revisione della normativa tecnica Impianti Termici (Revisione Regolamento di cui al DPR 74/2013); e per l'implementazione del Catasto Unico Integrato.
- Collaborazione per la redazione del "Documento Energetico Ambientale del Sistema Portuale - DEASP" dell'Autorità di Sistema Portuale dello Stretto, nelle forme indicate dalle linee guida emanate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- Supporto alle Regioni nella programmazione regionale 2021-2027 sui temi dell'efficienza energetica.
- Azioni di supporto tecnico e organizzativo a favore degli Enti Locali (Comuni e Regioni) per lo sviluppo in Italia del programma Europeo "Patto dei Sindaci", nell'ambito del ruolo di Coordinatore Territoriale Nazionale di questa iniziativa, in collaborazione con ISPRA e l'ufficio Patto dei Sindaci di Bruxelles e il supporto di RENAEL.
- Analisi dei dati sui Piani di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC) redatti dai Comuni Italiani per l'elaborazione dell'emendamento sul PNIEC in tema di governance multilivello e valorizzazione dell'esperienza di coordinatore nazionale del Patto dei sindaci (in collaborazione con Covenant of Mayors di Bruxelles, ISPRA, GSE, JRC e ANCI).
- Supporto per la redazione di linee guida per il PAESC della Città Metropolitana di Bari.
- Supporto tecnico all'attività di promozione de Patto dei Sindaci nella Regione del Veneto.
- Avvio delle collaborazioni richieste dalle Regioni per la revisione e aggiornamento dei PER e PEAR: Veneto, Basilicata, Molise.
- Avvio, elaborazione e redazione del documento Piano Energetico Regionale del Friuli Venezia Giulia (PER-FVG) e redazione del relativo Piano di Comunicazione
- Supporto tecnico a Regione Lombardia per lo sviluppo ed implementazione delle strategie e piani per lo sviluppo sostenibile. In particolare: supporto alla redazione del PREAC (Piano Regionale Energia Ambiente e Clima) e al percorso di VAS (Valutazione Ambientale Strategica) del Programma; contributi per Progetto di Legge sul Clima; contributo per la rendicontazione della Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile.
- Supporto ai lavori per l'aggiornamento del Piano Energetico Regionale della Regione Lazio. Aggiornamento del Sistema Informativo nazionale sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE) e implementazione degli indicatori medi di performance previsti dal dm 26/6/2015.
- Gestione del Catasto APE per le Regioni Abruzzo, Lazio, Calabria, Marche, Puglia, Regione Siciliana e Molise e realizzazione del Catasto APE per la Regione Basilicata
- Avvio dell'attività di sperimentazione dell'efficacia dei sistemi regionali per i controlli obbligatori di primo, secondo e terzo livello degli Attestati di Prestazione energetica degli edifici con

l'implementazione di meccanismi automatici di controllo sui catasti regionali (attività che è in corso con le Regioni Marche e Abruzzo in qualità di "case study").

- Supporto alle autorità competenti locali sul recepimento normativo per l'attività di ispezione degli impianti termici (Marche, Abruzzo, Basilicata, Sicilia, Città metropolitana di Milano).
- Realizzazione del Catasto Impianti Termici per la Regione Puglia e studio sulla interoperabilità tra sito APEPUGLIA e sito Catasto Impianti Termici.
- Avvio delle attività di somministrazione della formazione specialistica per gli ispettori Impianti Termici per le autorità competenti che ne hanno fatto richiesta.
- Realizzazione della piattaforma paesic-sicilia.enea.it, per il supporto agli Enti Locali per la redazione, aggiornamento e monitoraggio dei PAESC dei Comuni della Regione Sicilia, e per la realizzazione del Catasto Energetico Unico degli edifici, in grado di georeferenziare le informazioni catastali, gli attestati di prestazione energetica (APE) ed i libretti di impianto degli immobili registrati presso il Catasto APE-Sicilia.
- Consulenza alla Regione Basilicata nella stesura del Disegno di Legge "Disciplina sulle attività di certificazione energetica degli edifici" per il recepimento della normativa nazionale e gestione delle attività di certificazione.
- Attività tecnico-scientifiche a supporto dell'Assemblea Territoriale Idrica di Messina per la redazione di uno studio di fattibilità tecnica/economica relativo all'efficientamento del parco immobiliare dell'isola di Salina, ai fini del soddisfacimento dei fabbisogni energetici degli impianti di dissalazione, nell'ambito del progetto Solving the water emergency in the island of Salina (TWEETS), finanziato dal bando europeo New Energy solutions Optimized for Islands (NESOI).
- Consulenza all'IRPET - Istituto Regionale per la Programmazione Economica della Toscana, per l'elaborazione del del Bilancio Energetico Regionale di dettaglio.
- Consulenza alla Regione Veneto per l'elaborazione del Bilancio Energetico Regionale di dettaglio.
- Collaborazione con la Città Metropolitana di Milano per attività di formazione e sensibilizzazione sui temi di efficienza energetica, nei confronti del territorio di competenza e per la definizione sinergica di attività in materia di analisi, progettazione, sperimentazione ed attuazione di azioni per l'implementazione di servizi ad elevato contenuto tecnico e scientifico connessi ad attività di controllo dell'efficienza degli impianti termici civili, anche con riferimento ad indicazioni sperimentali di efficienza edificio-impianto nel settore civile (realizzazione del primo One-Stop-Shop a Milano).
- Collaborazione con la Città Metropolitana di Roma finalizzata all'attivazione di percorsi di formazione professionale per l'acquisizione di competenze e qualifiche certificate nei settori delle energie da fonti rinnovabili, dell'efficienza energetica, delle tecnologie innovative, dell'ambiente nonché di ogni altra attività che possa contribuire alla diffusione e sviluppo di questi temi sul territorio.
- Iniziative formative e informative nell'ambito della Scuola delle Energie, in partnership con Città Metropolitana di Roma Capitale.

#### **Adempimenti normativi nazionali ed internazionali**

- Redazione del Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2022.
- Redazione del Rapporto Annuale 2022 (dati 2021) sulle detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti.
- Elaborazione e redazione del "Rapporto annuale sullo stato della Certificazione Energetica degli Edifici in Italia", in collaborazione con il CTI.
- Attività in ambito SISTAN dell'ufficio di statistica.



## **Partecipazione a tavoli tecnici istituzionali, gruppi di lavoro, Task Force nazionali ed internazionali**

Le attività di seguito descritte sono state svolte sia in presenza sia utilizzando piattaforme telematiche e sistemi call conference:

- Incontri ed attività dell'Implementation Working Group per l'efficienza energetica nell'industria (IWG6) dello Strategic Energy Technology Plan (SET Plan).
- Incontri ed attività dell'Energy Efficiency Working Party della IEA - International Energy Agency.
- Aggiornamento degli indicatori di efficienza energetica da inviare alla IEA.
- IEA SHC (Solar Heating e Cooling Programme) incontri internazionali finalizzati alla promozione dell'uso di tutti gli aspetti dell'energia solare termica.
- Contributo al gruppo Energy in Building and Communities Programme (EBC)'s, Building Energy Code Working Group (BECWG), della IEA per la raccolta di informazioni su come gli stati si stanno comportando nell'ambito dell'integrazione delle nuove tecnologie all'interno dei regolamenti edilizi.
- Gruppo di lavoro per la redazione della Relazione sulla situazione energetica nazionale del Ministero dello Sviluppo Economico.
- Partecipazione alla C.E. Concerted Action EED Support to Member States and participating countries for the implementation of the Energy Efficiency Directive - Progetto CA EED2 e al Progetto Concert Action EPBD V - Programma HORIZON 2020 TRAMITE ENERGISTYRELSEN (DEA).
- Gruppo di lavoro Energy Performance of Buildings Committee and the Expert Group on the EPBD.
- Incontri e attività con la Commissione Europea DG-JRC di Ispra (VA) per: contributo a livello nazionale a Rapporti Tecnici su strumenti di finanziamento per l'efficientamento energetico degli edifici, CAM e dei contratti EPC; presentazione proposte progettuali a Bandi Europei e partecipazione a progetti congiunti; incontri e attività di formazione e informazione per istituti scolastici e Master Universitari; partecipazione all'European Covenant of Companies for Climate and Energy (CCCE).
- Partecipazione attiva al Joint Programme dell'European Energy Research Association on Energy Efficiency in Industrial Processes (EERA JP-EEIP), con particolare riguardo al sistema agroindustriale. Nel 2022 è stato realizzato il nuovo sito internet del JP (<https://www.eera-eeip.eu>), che include il contributo ENEA con la Research Facility "ENEA Research Facility for building energy efficiency improvement by green infrastructures" (<https://www.eera-eeip.eu/projects/research-facilities.html>). L'attività del JP ha riguardato anche la redazione congiunta con diversi partner internazionali e ancora in corso d'opera di un White Paper "Energy Efficiency in Industry", dove ENEA contribuisce con l'expertise nel settore agroindustria e nella diffusione di best practices specifiche.
- Tavolo nazionale presso il MEF per la standardizzazione degli EPC (Energy Performance Contract) per applicazione nel settore pubblico secondo il regolamento Eurostat (Partenariato Pubblico Privato Riunione Sottogruppo EPC).
- Tavoli Tecnici del Coordinamento Nazionale Energia delle Regioni.
- Tavoli regionali di partenariato per la programmazione 2021-2027.
- Osservatorio economia circolare e transizione energetica, tavolo energie rinnovabili ed efficienza energetica in Regione Lombardia.
- Task Force PACC (Piano di Adattamento ai cambiamenti climatici) della Regione Abruzzo.
- Comitato di gestione POR FESR della Regione Abruzzo.
- Comitato Consultivo per le strategie energetiche della Regione Marche.

## **Protocolli di intesa, Accordi e Convenzioni**

Nel corso del 2022 il Dipartimento DUEE ha formalizzato 13 atti tra nuovi Protocolli d'intesa, Accordi di collaborazione e Convenzioni con Enti istituzionali, Regioni, Università; nell'ambito della stessa tipologia di atti ha, inoltre, sottoscritto il rinnovo o la proroga di 7 contratti.

In dettaglio il Dipartimento DUEE ha sottoscritto un Accordo attuativo con il Ministero della Difesa -Task Force per la Valorizzazione Immobili, per l'Energia e l'Ambiente, ai fini della realizzazione di un programma di attività di formazione in campo energetico e ambientale.

Sono state attivate 3 Convenzioni con il Ministero della Transizione Ecologica per la collaborazione sulle seguenti tematiche:

1. Attuazione delle disposizioni contenute nell'art. 13 del D. Lgs 102/2014, come modificato dal D. Lgs n. 73/2020, in materia di programma nazionale di informazione e formazione sull'efficienza energetica – PIF;
2. Attuazione delle disposizioni contenute nell'art. 8 del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, modificato dal decreto legislativo 14 luglio 2020, n. 73 in materia di diagnosi energetiche;
3. Programma dei controlli svolti da ENEA per la fruizione delle detrazioni fiscali cd. Superbonus, per interventi di efficienza energetica negli anni 2020 e 2021.

Il Dipartimento DUEE è referente in una Convenzione sottoscritta tra ENEA e la Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della funzione pubblica per la realizzazione di “un programma di attività formativo comune per il rafforzamento delle conoscenze e delle competenze del personale in servizio nelle pubbliche amministrazioni in materia di efficientamento energetico, e, più in generale, in ordine a tematiche energetiche e ambientali”.

Il DUEE è direttamente coinvolto nei seguenti Protocolli di Intesa sottoscritti da ENEA:

- Protocollo d'Intesa sottoscritto tra ENEA e CONFINDUSTRIA ASSOIMMOBILIARE al fine di promuovere e sviluppare congiuntamente, con l'utilizzo delle rispettive risorse e nell'ambito dei ruoli e competenze di ciascuno, un'attività di supporto, informazione e approfondimento delle tematiche relative all'efficienza energetica e alla sostenibilità ambientale del settore immobiliare favorendo e stimolando la transizione energetica.
- Protocollo d'Intesa sottoscritto con la Regione Molise per promuovere l'efficienza energetica, i servizi energetici sostenibili e lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabili sul territorio della regionale, con particolare riferimento all'attuazione di quanto previsto dal D. Lgs. 30 maggio 2008 n. 115 e s.m.i.
- Protocollo d'Intesa sottoscritto con il Distretto Produttivo Regionale Pugliese delle Energie Rinnovabili e dell'Efficienza Energetica “La Nuova Energia” per svolgere attività di supporto nella realizzazione di interventi di efficienza energetica, in particolar modo da realizzarsi da parte di Enti Locali e soci del Distretto.

Il DUEE è anche responsabile dell'Atto esecutivo n.1 di attuazione dell'Accordo di collaborazione sottoscritto tra ENEA e Agenzia del Demanio per le “attività previste dal decreto interministeriale del 4 Agosto 2022 n. 304, al fine di garantire l'acquisizione dei dati nel Portale nazionale sulla prestazione energetica degli edifici mediante il ricorso a meccanismi di interoperabilità con il sistema IPER”

Con riferimento alle Regioni, le principali collaborazioni attivate nel 2022 riguardano:

- la regione Lazio per la gestione del Catasto degli Attestati di Prestazione Energetica del Sistema Informativo APE Lazio, per il supporto tecnico alla realizzazione del Catasto Unico Regionale degli Impianti Termici (CURITEL) e realizzazione del Sistema Informativo dell'Efficienza Energetica della Regione Lazio (SIERL);
- la regione Marche per la realizzazione del sistema telematico di gestione del processo di certificazione energetica - APE - degli edifici ubicati nella Regione Marche e per l'attività di controllo degli attestati di prestazione energetica degli edifici previste dal D.Lgs 192/2005 e s.m.i.

Inoltre, sono stati sottoscritti:

- un atto di proroga della Convenzione con la regione Emilia Romagna per la realizzazione di una campagna di comunicazione per informare e sensibilizzare rispetto ai temi della transizione energetica tramite prodotti di comunicazione “ready to use”.
- due Atti Esecutivi del Protocollo d’Intesa con la Regione Veneto finalizzati, rispettivamente, alla “Elaborazione del bilancio energetico regionale esteso riferito agli anni 2015-2020” e al “Supporto tecnico nell’ attività di promozione sul territorio regionale del programma “Patto dei sindaci”.
- un contratto con l’Istituto Regionale per la Programmazione Economica della Toscana (IRPET) per la fornitura del “Bilancio Energetico disaggregato della Regione Toscana, riferito agli anni 2018 e 2019”.
- una Convenzione tra ENEA e Regione Siciliana - Assessorato dell’Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità, Dipartimento dell’Energia- per la realizzazione di “una piattaforma informatica per la contabilizzazione e il monitoraggio delle emissioni di gas climalternanti (CO2) e di un software specialistico per le attività di energy management delle amministrazioni comunali, a supporto degli Enti Locali per la redazione dei Piani di Azione per l’Energia Sostenibile ed il Clima (PAESC) e per la predisposizione del Catasto Energetico Unico dei comuni della Regione Siciliana”.
- l’Accordo Attuativo n. 1 relativo all’ accordo quadro tra ENEA e Regione Friuli Venezia Giulia per l’elaborazione e la redazione del documento Piano Energetico Regionale (PER-FVG) e la redazione del relativo Piano di comunicazione.

E’ proseguita la collaborazione, avviata con un Accordo del 2017, tra ENEA e Città Metropolitana di Milano mediante la sottoscrizione dell’Atto Operativo n. 2 per la “Realizzazione di strumenti innovativi, in linea con i percorsi tracciati dal PNRR, per promuovere interventi di riqualificazione energetica profonda degli edifici in ambito residenziale e terziario, fornendo agli attori coinvolti nel processo gli strumenti per affrontare consapevolmente il processo di rinnovamento ed efficientamento energetico”

E’ stato sottoscritto un Contratto con l’Associazione Nazionale Produttori Apparecchi Domestici e Professionali (APPLiA Italia) per “il Supporto tecnico scientifico e la consulenza per la valutazione dell’impatto e delle prescrizioni derivanti dalle politiche e misure comunitarie e nazionali per l’efficienza energetica”.

Sono state avviate collaborazioni con il Parco Archeologico dell’Appia Antica per la “Predisposizione del servizio di supporto alla progettazione e stesura di linee guida per il miglioramento dell’efficienza energetica di immobili vincolati” e con l’Agenzia per l’Energia e lo Sviluppo Sostenibile- AESS MODENA, per un servizio tecnico-scientifico di supporto alla definizione di 3 Linee Guida per la redazione del PAESC da sviluppare con la Città Metropolitana di Bari.

Sono state attivate, inoltre, collaborazioni sia con l’Ente Nazionale Aviazione Civile- ENAC, mediante la sottoscrizione di una Convenzione Quadro con finalizzata alla realizzazione di iniziative congiunte sia in ambiti prettamente legati alle tecnologie e applicazioni aeronautiche/aerospaziali, sia in ambiti più estesi relativi al patrimonio infrastrutturale di competenza sia con l’Agenzia Confederale dei Trasporti e Servizi- AGENS, tramite una Convenzione Quadro finalizzata ad affrontare il tema dell’efficienza e della transizione energetica nel settore del trasporto pubblico locale.

Nel corso del 2022 è stata prorogata di ulteriori 5 anni la Convenzione Quadro tra ENEA e l’Università degli Studi di Bari sottoscritta il 05/12/2017 per proseguire la collaborazione finalizzata allo sviluppo di attività congiunte attorno alle competenze comuni con particolare riferimento alle tematiche ambientali, di sicurezza e salute, di efficienza energetica, nuove tecnologie e fonti rinnovabili.

E’ stata, infine, rinnovata la collaborazione istituzionale con Città Metropolitana di Roma Capitale avviata nel 2017 per l’attivazione di percorsi di formazione professionale su tematiche energetiche e ambientali.

## Progetti nazionali ed internazionali

Il Dipartimento ha sviluppato nel corso del 2022 i seguenti Progetti europei: CA-EPBD V, CA-EED2, ODYSSEE MURE, Progetto MeetMED II, HARP, EEPLIANT3, LEAP4SME, ENPOR, GEAR@SME, LIGHTNESS, Greenroad, SER, Green abilities.

Di seguito, una breve presentazione delle attività e dei risultati dei principali progetti/tender del DUEE.

- Tender europea "Assistance technique au programme d'appui de l'Union européenne aux secteurs des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie (ENI/2018/404-536) in collaborazione con gli altri Dipartimenti ENEA.
- Progetto LEAP4SME: il progetto Linking Energy Audit Policies to enhance and support SMEs towards energy efficiency, coordinato da ENEA, ha l'obiettivo di proporre soluzioni ai policy maker in termini di schemi di supporto alla diagnosi energetica, e al contempo a coinvolgere ed informare i principali stakeholder sulle opportunità disponibili. I principali risultati delle attività, tra cui la mappatura e analisi dei programmi disponibili e l'analisi delle barriere, sono disponibili al link <https://leap4sme.eu/resources/deliverables/>. Nel corso del 2022 si è sviluppata una forte sinergia nell'ambito del Piano di sensibilizzazione ENEA/MASE ai sensi dell'Art. 8 comma 10 ter del D.Lgs.102/2014, destinato alle PMI, attraverso l'organizzazione congiunta di osservatori ed eventi.
- Progetto "X-tendo" per migliorare la conformità, l'affidabilità, l'usabilità e la convergenza degli attestati di prestazione energetica (APE) tra i vari paesi europei, e allo stesso tempo supportarne l'evoluzione verso uno schema futuro di APE di prossima generazione.
- Progetto IMPRESS II per il supporto agli organi di regolamentazione e agli enti di standardizzazione, per l'implementazione di metodi di campionamento delle emissioni inquinanti prodotte da sorgenti fisse a partire da impianti industriali fino ad arrivare agli impianti termici civili.
- Progetto ENPOR (<https://www.enpor.eu>): mira a rendere visibile la povertà energetica nel settore degli affitti privati (PRS) e testare schemi di sostegno all'efficienza energetica per affrontarla, identificando gli inquilini in povertà energetica (e i rispettivi proprietari di case) e comprendendo e rispondendo ai loro bisogni. A tal fine, nel 2021 è stato istituito il REACT GROUP, un tavolo tecnico nazionale organizzato da ENEA e costituito da diverse tipologie di stakeholder, che promuoveranno azioni volte a mitigare la povertà energetica in particolare nel settore degli affitti privati. Nel 2022 sono continuati lavori del tavolo tecnico volti a definire le possibili attività di comunicazione da svolgere a beneficio degli inquilini nel settore degli affitti privati. È stata inoltre stata portata avanti un'attività di informazione e formazione nell'ambito della White Energy Week a cui hanno partecipato 25 classi di istituti scolastici di secondo grado dell'Emilia Romagna.
- Progetto SER (Social Energy Renovation: Maximizing social impact and boosting clean energy investment in the no-profit sector through de-risking, aggregation, and capacity building - <https://www.ser4impact.eu/>): ha come obiettivo le ristrutturazioni edilizie sostenibili nel Terzo Settore grazie a uno strumento innovativo che permette di transizione la transizione ecologica e la fine della povertà energetica. Nel 2022 sono state completate le attività relative al raggiungimento dei milestone MS3 (consegna della versione definitiva della App SERVICE4Impact) e MS4 (Definizione di una procedura standard per la pre-selezione dei progetti: finalizzazione di linee guida) corrispondenti alla finalizzazione e consegna dei deliverable, rispettivamente, D3.6 e D3.3. Sono state inoltre effettuate diverse attività di disseminazione ed engagement degli stakeholder del progetto come previsto dai task del WP3. Tra le altre, due eventi (on-line e in presenza) per il lancio della App nel mese di giugno e la presentazione di SER nel corso dei lavori svoltisi durante l'Economy of Francesco Global Event (settembre 2022).
- GreenAbility (Green Abilities to tackle social issue - <http://www.fratellosole.org/erasmus-greenability/>). Il progetto GreenAbility mira ad identificare i problemi più critici di povertà energetica che hanno un impatto diretto o indiretto sulla qualità della vita e sul benessere delle famiglie povere e delle persone svantaggiate e sul loro livello di inclusione sociale. Il progetto fornisce ai beneficiari – ovvero manager di enti del Terzo Settore, assistenti sociali, caregiver, volontari – approcci, buone pratiche e competenze

includere in due toolkit contenenti una serie di soluzioni attraverso un'attività educativa specializzata che adotta un linguaggio corretto e non tecnico, applicabile al loro lavoro. Nel 2022, sono stati ultimati e pubblicati i due toolkit e si è realizzato a Milano l'evento conclusivo del progetto, durante il quale sono stati presentati ufficialmente i due toolkit.

- GREENROAD ([www.greedroadproject.eu](http://www.greedroadproject.eu)): il progetto mira a facilitare il dialogo tra i principali attori pubblici e privati italiani sulle questioni di finanziamento relative all'efficienza energetica nel settore dell'edilizia esistente e di nuova costruzione e favorire la collaborazione, l'innovazione e l'azione attraverso l'istituzione di una tavola rotonda nazionale permanente ed eventi collegati a livello locale. Nel corso del 2022 sono state organizzate 3 tavole rotonde nazionali, di cui 2 rivolte ai principali attori della filiera dell'efficienza energetica degli edifici e del finanziamento degli interventi di riqualificazione, ed 1 organizzata in sinergia con il "Tavolo Tecnico per favorire la riqualificazione degli immobili" promosso dall'ABI, con la partecipazione di rappresentanti di alto livello dei principali soggetti istituzionali pubblici e privati interessati. A livello locale sono stati organizzati un evento a Roma ed uno a Milano, con l'obiettivo di discutere specifici temi di interessi del progetto e approfondirli grazie alla presentazione di casi studio e best practice rilevate sul territorio.
- Progetto MeetMED II (<https://meetmed.org/>): la seconda fase ha l'obiettivo di rafforzare l'attuazione delle misure EE e a migliorare il mix energetico dei paesi concentrandosi sui settori dell'edilizia e degli elettrodomestici dei paesi beneficiari (Algeria, Egitto, Giordania, Libano, Libia, Marocco, Palestina e Tunisia), favorendo così la loro transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio. A tale scopo, nel 2022 è stata realizzata a Il Cairo la prima meetMED Week, il più grande evento annuale del progetto dedicato all'efficienza energetica e all'energia rinnovabile nel settore degli edifici e degli elettrodomestici e sono stati predisposti i relativi proceedings. Si sono svolte attività di supporto nell'individuazione dei contenuti tecnici per la partecipazione del progetto all'ultima COP27 svoltasi a novembre. Sono state inoltre realizzate anche tre MED SEI Forum, delle tavole rotonde nazionali specifiche per le istituzioni finanziarie nazionali ed internazionali sul tema dei meccanismi di finanziamento degli interventi di efficienza energetica.
- Il Progetto LIGHTNESS (<https://www.lightness-project.eu/>) contribuisce ad una transizione energetica pulita ed equa con la creazione e il supporto di Comunità Energetiche di Cittadini. Le attività del progetto LIGHTNESS si concretizzeranno attraverso l'impegno attivo, l'inclusione sociale, la programmazione di una roadmap normativa, lo sviluppo di un pacchetto tecnologico a costi contenuti e la definizione di modelli di finanziamento innovativi per le Comunità Energetiche di cittadini. Nel 2021, per i paesi rappresentati dai partner di progetto, è stata effettuata una analisi PESTLE, il benchmarking delle buone pratiche di creazione di comunità energetiche e la mappatura degli stakeholders, delle barriere, dei fabbisogni e dei drivers per la loro creazione. Nel 2022 si è consolidato il processo di coinvolgimento dei cittadini e delle parti interessate alla costituzione di una Comunità Energetica, attraverso attività di disseminazione. A Cagliari, in occasione della General Assembly, Enea ha organizzato un Workshop sugli aspetti normativi e sulla condivisione delle buone pratiche in tema di comunità energetiche, coinvolgendo amministrazioni pubbliche della Sardegna, illustrando le attività messe in campo sul territorio regionale con particolare riferimento alle prime comunità energetiche e alla realizzazione di esperienze di autoconsumo collettivo, come il condominio smart- caso pilota del progetto Lightness.
- ODYSSEE-MURE "Monitoring the Energy Efficiency Pillar for Climate Neutrality" (<https://www.odyssee-mure.eu/>) mira a sostenere i policy makers della Commissione Europea, degli Stati membri e dei paesi dell'Energy Community (EnC) nell'attuazione della direttiva UE sull'efficienza energetica (EED) nel modo più efficiente possibile a livello nazionale attraverso indicatori e strumenti per il monitoraggio (database ODYSSEE) e la valutazione degli impatti delle politiche di efficienza energetica (database MURE). Obiettivo del progetto è anche migliorare le competenze di analisi e comunicazione delle amministrazioni pubbliche in campo energetico al fine di intraprendere i passi necessari per raggiungere la neutralità climatica nella UE al 2050. Il kick-off meeting svolto a fine 2022 ha definito il cronoprogramma delle attività da svolgere che per ENEA sono principalmente gli

aggiornamenti annuali dei database ODYSSEE e MURE, la redazione di 2 country profile e 2 policy brief sulla povertà energetica e gli incentivi per il miglioramento dell'efficienza energetica negli edifici.

- CA EED2 “Concerted Action EED-Support to Member States and participating countries for the implementation of the Energy Efficiency Directive” L'obiettivo è favorire lo scambio di informazioni ed esperienze tra gli Stati Membri e gli altri Paesi partecipanti (Norvegia) al fine di facilitare l'attuazione della Direttiva 2012/27 /UE del Parlamento europeo e del Consiglio sull'efficienza energetica (EED). L'impatto previsto dell'azione consiste in un approccio più armonizzato e in una migliore attuazione dell'EED in tutti gli Stati membri, nonché nel trasferimento di buone pratiche tra i paesi. Nel 2022 sono stati ultimati i lavori ed è stata programmato negli ultimi incontri il nuovo progetto, CA EED3.
- Progetto REHOUSE - Renovation packagEs for HOListic improvement of EU's bUildingS Efficiency, maximizing RES generation and cost-effectiveness”, nell'ambito del programma “Efficient, sustainable and inclusive energy use-HORIZON-CL5-2021-D4-02- Innovation Action.” Il Progetto propone il salto alla scala reale, in quattro edifici reali “dimostratori” di un insieme di innovazioni, concepite come “pacchetti di riqualificazione edilizia”, già validati a scala di laboratorio e progettati secondo principi di circolarità, prefabbricazione e multifunzionalità.
- Progetto ES-PA “Energia e Sostenibilità per la Pubblica Amministrazione”, nell'ambito del Programma Operativo nazionale Governance e Capacità Istituzionale, principali risultati conseguiti/strumenti realizzati fino ad oggi:
  - il Manuale per la corretta redazione della diagnosi energetica di edifici pubblici corredato da schede per la rilevazione dei dati e da un format del rapporto di Diagnosi Energetica (Linea 1.2.1);
  - gli Strumenti per la realizzazione di campagne di sensibilizzazione e promozione per sviluppare e attuare campagne di comunicazione integrate e targettizzate, verso le diverse organizzazioni lavorative e verso la Cittadinanza, per facilitare anche lo scambio di best practice in materia di risparmio ed efficientamento energetico (Linea 3.3.3);
  - il Tool-box interattivo per l'acquisizione, analisi e definizione di benchmark relativo al meccanismo di incentivazione delle detrazioni fiscali del 65% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, il cui database è gestito da ENEA (Linea 1.1.3);
  - le Linee Guida operative per la pianificazione degli investimenti in efficienza energetica degli edifici pubblici (Linea 1.4.1);
  - l'applicativo VICTORIA (Valutazione Incentivi Conto Termico e Risparmi con Interfaccia APE) per effettuare analisi di scenari sia a livello di singolo intervento o considerando un insieme di interventi in materia di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio delle PA Locali (Linea 1.4.2);
  - tool-box SIRE per l'ottimizzazione degli investimenti connessi alle proposte progettuali di riqualificazione edilizia (Linea 1.4.3);
  - software per l'autovalutazione del grado di efficienza energetica della PMI allo scopo di progettare interventi di miglioramento (Linea 2.1.2);
  - metodologia per la produzione di dati di scenario a supporto della pianificazione energetica regionale (Linea 1.1.1);
  - Metodologia di sviluppo dei Bilanci Energetici Regionali (Linea 1.1.2);
  - APP per la definizione di programmi di investimento in materia di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio degli Enti locali (Linea 1.4.2);
  - Diffusione di Linee guida per la realizzazione della diagnosi energetica anche attraverso seminari informativi con le Associazioni di categoria imprenditoriali (Linea 2.1.1);
  - seminari e webinar su aspetti tecnici e finanziari relativi a efficienza e risparmio energetico negli edifici pubblici per energy manager e funzionari regionali/locali; (Linee 1.4.4, 3.3.2);

- catasto energetico unico regionale degli edifici, che integra il catasto degli Attestati di prestazione energetica (APE) e quello degli Impianti Termici degli edifici; (Linee 1.2.3, 1.2.4);
- Piattaforma PAES - disseminazione delle buone pratiche realizzate nell'ambito dei Piani di Azione dei PAES, anche attraverso la realizzazione di una banca dati e la progettazione di sistemi di simulazione per la valutazione dell'applicazione in realtà e contesti diversi (Linea 1.3.1);
- Applicazione di tecniche e procedure in materia di Efficienza Energetica, Audit e Diagnosi Energetica, in collaborazione con Regioni pilota, per l'analisi e le diagnosi propedeutiche alla progettazione degli interventi di efficientamento energetico, per l'applicazione di tecnologie per l'efficienza energetica, per utilizzo di nuovi modelli di business energetico (EPC) e degli strumenti finanziari disponibili e l'avvio delle procedure di appalto degli interventi. (Linea 1.2.5).

Inoltre, nel corso del 2022, sono state predisposte proposte progettuali in ambito Horizon Europe, LIFE e INTERREG, in partenariato con enti locali e aziende al fine di promuovere tematiche e best practices per l'efficienza energetica nei vari settori.

### **Obiettivo triennale DUEE.OS.02 – Incrementare le attività di R&S nell'ambito dell'efficienza energetica**

Il Dipartimento ha svolto attività di R&S nell'ambito dell'efficienza energetica partecipando:

- all'Accordo di Programma sulla Ricerca del Sistema Elettrico attraverso lo sviluppo di due progetti: 1.5 "Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica" e 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali".

I principali risultati raggiunti sono di seguito sinteticamente descritti:

- 1.5 "Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica": il progetto ha l'obiettivo di favorire l'integrazione tra sistemi e tecnologie secondo un approccio multi scalare e intersettoriale, che supporti l'evoluzione del sistema energetico verso un assetto distribuito e promuova l'efficienza energetica come strumento per la riduzione dei consumi e della spesa energetica, per la tutela dell'ambiente, la sicurezza e il benessere abitativo. Nel corso della prima annualità (2022) sono state avviate le principali attività del triennio: sviluppo e ottimizzazione di tecnologie, componenti, strumenti e metodi per l'incremento delle prestazioni energetiche e ambientali degli edifici, compreso il patrimonio edilizio storico; strategie a breve termine per la riduzione dei consumi del parco edilizio residenziale italiano (residenziale e ad uso uffici) e per la sua decarbonizzazione, attraverso il superamento dei principali ostacoli tecnici e amministrativi; studio di una gestione ottimale degli impianti a fonti rinnovabili locali e impianti ibridi al fine di individuare soluzioni per ottimizzare la condivisione di energia prodotta da FER locali; sviluppo di una piattaforma software per migliorare la consapevolezza dei propri consumi elettrici e termici degli utenti nei condomini con impianti centralizzati e gestiti in modalità autoconsumo collettivo; applicazione dello Smart Readiness Indicator al contesto edilizio nazionale ed elaborazione del calcolo dinamico in tempo reale dell'indicatore valutato sull'effettivo funzionamento degli impianti.

- 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali": il progetto ha l'obiettivo di sviluppare metodi, strumenti e soluzioni per rafforzare la leadership industriale, l'autonomia e la resilienza in catene di valore strategiche e in aree di potenziali alleanze industriali, avvicinandole sempre più al paradigma di ecosistemi dinamici di innovazione, nonché per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica. Nel corso della prima annualità (2022) sono state avviate le principali attività del triennio, realizzando nello specifico quanto segue: preparazione, attuazione, monitoraggio e controllo della legislazione e degli standard per l'ecoprogettazione e l'efficienza energetica; creazione di un database per la caratterizzazione energetica dei processi industriali al fine di identificare richieste e disponibilità di calore di scarto; identificazione di best practices da letteratura e definizione preliminare di una metodologia di valutazione energetica ed economica per i trattamenti di natura non termica e trattamenti termici innovativi in sostituzione di processi termici tradizionali nell'industria alimentare; caratterizzazione dei principali processi produttivi, analisi della filiera italiana e mappatura degli stakeholder per quanto riguarda le soluzioni commerciali per l'isolamento esterno degli edifici; censimento ed efficientamento energetico delle aziende vitivinicole siciliane, sulla base dell'analisi dello stato dell'arte nazionale e internazionale;

analisi settoriale per la valutazione di indici specifici di prestazione energetica per alcuni settori merceologici e definizione di modelli per l'analisi energetica nelle PMI.

A quanto descritto, si aggiunge il Progetto SIMTE2 - Sistema Informativo per il Monitoraggio delle Tecnologie Energetiche: implementazione del Portale Metodologico Piani Energetici Regionali; implementazione della Banca Dati Normativa; sperimentazione Metodologia PER Lazio; sperimentazione Metodologia PER Basilicata; sperimentazione Metodologia PER Piemonte; contributo e revisione Paper tecnico/scientifici predisposti dalle Università sui temi dell'Efficienza Energetica.

### **Obiettivo triennale DUEE.OS.03 - Incrementare le azioni finalizzate alla creazione di una corretta coscienza energetica nei cittadini e di una professionalità qualificata negli operatori di settore**

Di seguito si riportano alcune delle principali azioni finalizzate alla creazione di una corretta coscienza energetica nei cittadini e di una professionalità qualificata negli operatori di settore realizzate nel 2022 da entrambe le Divisioni del Dipartimento. Le attività si sono svolte in presenza oppure utilizzando piattaforme telematiche, sistemi di e-learning e call conference.

- Campagna Italia in Classe A: attività specifiche di ricerca, produzione contenuti, implementazione di una piattaforma evolutiva, attività di divulgazione. Nello specifico le attività sono illustrate nella pubblicazione SUPER HOUSE, online a cadenza bimestrale (primo numero: ottobre 2022; secondo numero: dicembre 2022).
- Circa 20 Workshop sul tema efficientamento energetico dei processi industriali;
- Supporto ai lavori dell'Osservatorio immobiliare nazionale del settore urbano di FIAIP - Federazione Italiana Agenti Immobiliari Professionali, in collaborazione con I-Com (Istituto per la Competitività) ([https://www.fiaip.it/wp-content/uploads/2021/05/Oss.-urb-2020-FIAIP\\_ENEA\\_ICOM.pdf](https://www.fiaip.it/wp-content/uploads/2021/05/Oss.-urb-2020-FIAIP_ENEA_ICOM.pdf)).
- Elaborazione dei Bilanci Energetici Regionali;
- Analisi di dati ed elaborazione di indicatori di povertà energetica a livello nazionale e regionale;
- Partecipazione ai distretti produttivi regionali, ad esempio Distretto la Nuova Energia in Puglia;
- Partecipazione a workshop/seminari organizzati da Associazioni di categoria, operatori del settore, enti locali, diretti a professionisti, imprenditori e tecnici delle pubbliche amministrazioni, sui seguenti temi, tra gli altri: comunità energetiche, povertà energetica; riqualificazione energetica degli edifici e meccanismi di incentivazione a disposizione; rigenerazione delle città; nuove tecnologie e le migliori tecniche disponibili per aumentare l'efficienza energetica nel sistema agroindustriale; infrastrutture verdi per edifici, quali tetti e pareti verdi.
- Sviluppo e manutenzione delle piattaforme di E-learning.

### **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

L'anno 2022 ha evidenziato una forte eterogeneità degli interlocutori di DUEE, con una importante presenza di istituzioni pubbliche, rappresentate dal MiTE/MaSE, da altri Ministeri e dalle Regioni, in contemporanea con imprenditori e singoli cittadini, che richiedono consulenza e assistenza tecnica, formazione e informazione. Questa varietà impone al personale di DUEE un aggiornamento tecnico-normativo continuo e di elevato profilo, insieme alla capacità di svolgere attività operative a breve scadenza che si finalizzano attraverso il confezionamento di prodotti end-user. Ciò richiede da parte del Dipartimento, in tutte le sue strutture tecniche e amministrative, grande flessibilità e tempi di risposta veloci, dai primi contatti alla stipula degli accordi all'esecuzione del prodotto finale richiesto, per adeguare l'offerta dei servizi forniti ad una domanda molto articolata.

In considerazione degli impegni previsti dall'art. 13 del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, modificato dal decreto legislativo 14 luglio 2020, n. 73 in materia di programma nazionale di informazione e formazione sull'efficienza energetica, si segnala che nel corso del 2022 si è svolta l'attività prevista dalla



Campagna Italia in Classe A, con relazioni esterne con Associazioni di Categoria, Opinion Leader della Campagna Italia in Classe A, Università.

Per la predisposizione e lo sviluppo del portale PNPE<sup>2</sup>, sono state avviate interlocuzioni con i principali soggetti istituzionali detentori delle basi di dati e informazioni di dettaglio in tema di edifici.

### **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

Il comparto delle imprese riveste carattere di particolare importanza nella definizione delle politiche energetiche a livello nazionale, sia per i valori assoluti in termini di impieghi energetici del comparto imprese, sia per la trasversalità del comparto stesso tra i diversi settori primario, secondario e terziario.

L'attività di bilanciamento di obblighi e opportunità risulta particolarmente interessante e delicata nel caso dell'Italia, ove le caratteristiche di potenza industriale (tra le prime dieci in accordo ai dati FMI) si intrecciano con una concentrazione rilevante di Piccole e Medie imprese, dislocate su un territorio disomogeneo sia in termini climatici che in termini di concentrazione geografica delle attività produttive.

Una delle principali ricadute delle attività svolte dal Dipartimento è rappresentata dall'aver facilitato le interazioni fra gli attori istituzionali e gli operatori privati verso obiettivi e progetti comuni, identificati da provvedimenti normativi e misure di politica energetica, sfruttando le rispettive competenze e le specifiche necessità, oltreché dall'aver fornito servizi operativi ai cittadini e alle principali associazioni di categoria dei settori economici.

In linea con il ruolo che gli è stato assegnato, il Dipartimento DUEE ha dimostrato di essere l'istituzione di riferimento nazionale per il tema favorendo il miglioramento del livello generale di efficienza energetica, il conseguimento degli obiettivi nazionali assunti dal Paese, il potenziamento della competitività del tessuto produttivo attraverso il trasferimento di soluzioni innovative e metodologie che puntano all'ottimizzazione dei processi, alla riduzione dei consumi energetici e promuovendo lo sviluppo di una coscienza energetica fondata su una corretta alfabetizzazione dei cittadini e una qualificata professionalità degli operatori del settore.

## Istituto di Radioprotezione (IRP)

---

**Responsabile: Elena Fantuzzi**

### FINALITÀ E STRATEGIE

L'Istituto di Radioprotezione, in coerenza con il ruolo assegnatole all'interno dell'agenzia, persegue - attraverso attività di ricerca e qualificazione - l'innovazione dei metodi e l'accrescimento delle competenze costantemente adeguate allo standard europeo e internazionale. Assicura, allo stesso tempo, il rispetto delle leggi e della normativa in materia di protezione dalle radiazioni ionizzanti per tutte le attività svolte nei Centri ENEA e fornisce supporto tecnico-scientifico alle istituzioni e autorità operanti nel settore.

L'insieme di competenze e di risorse strumentali, rivolte prevalentemente alle esigenze interne dell'Agenzia, sono anche messe al servizio delle attività nazionali di ricerca, industriali e sanitarie con impiego di radiazioni ionizzanti, nonché di quelle nucleari.

Tutte le attività sono fortemente interconnesse dall'impiego comune di risorse strumentali e competenze professionali, distribuite in 5 centri dell'Agenzia (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia).

### PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2021, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2021-2023

#### **Obiettivo Triennale IRP.OS.01 - Sviluppare e qualificare le tecniche analitiche e le valutazioni dosimetriche assicurando in ENEA la sorveglianza di radioprotezione, individuale ed ambientale, incrementando la fornitura di servizi tecnici avanzati all'esterno**

L'obiettivo triennale dell'Istituto di Radioprotezione, perseguito attraverso attività di studio, tecnico-scientifiche ed operative, è rivolto a garantire la qualità e la adeguatezza rispetto agli standard internazionali dei metodi di misura e valutazione di radioprotezione impiegati per la sorveglianza fisica di radioprotezione attraverso *esperti di radioprotezione* ai sensi di legge. Tale funzione è espressa da ricercatori in organico all'Istituto che posseggono la abilitazione professionale specifica e sono iscritti all'elenco nazionale presso il Ministero del Lavoro. Gli *esperti di radioprotezione*, di cui all'articolo 129 del D.Lgs. 101/2020 che ne definisce compiti e attribuzioni, nonché i requisiti di formazione e dell'esame di abilitazione, sono in possesso della capacità tecnica e professionale necessaria per lo svolgimento dei compiti inerenti alla sorveglianza fisica dei lavoratori esposti a radiazioni ionizzanti. Gli esperti di radioprotezione svolgono compiti specifici a supporto e per conto dei Datori di Lavoro/Esercenti ENEA (ndr. Direttore FSN, Direttore ISER, Responsabile IRP, Direttore SSPT, Direttore TERIN, Responsabile UTA), supervisionano sotto la propria responsabilità le attività di radioprotezione operativa presso gli ambienti di lavoro ENEA e si occupa della tenuta della documentazione di radioprotezione per ciascuna pratica ai sensi di legge.

L'Istituto di Radioprotezione assicura altresì *ex lege* tutte le attività e misure operative svolte presso gli impianti e i laboratori nei CR ENEA e le misure di monitoraggio dei lavoratori esperti, sia per esposizione esterna che interna, le relative valutazioni di dose per i singoli lavoratori nonché la sorveglianza ambientale dei siti del CR Casaccia e del CR Trisaia.

Per realizzare tutti gli adempimenti della sorveglianza di radioprotezione, l'Istituto si avvale di tutti e 4 i Laboratori della struttura IRP.

Le competenze e le risorse sviluppate per le esigenze ENEA negli anni sono anche messe a disposizione di Utenti esterni attraverso la fornitura di servizi tecnici avanzati per la misura di radiazioni ionizzanti per scopi di dosimetria e di caratterizzazione radiologica. I principali utenti sono le società Sogin, Nucleco, gli enti di ricerca ISS, CNR, INFN oltre che varie Aziende Ospedaliere, aziende private e cittadini che impiegano o necessitano di monitorare le radiazioni ionizzanti in ambienti di vita o di lavoro.

Nel corso del 2022 è stata assicurata la **sorveglianza fisica di radioprotezione** (i.e. monitoraggio degli ambienti di lavoro, dei lavoratori esposti, verifiche e valutazioni periodiche nonché tenuta ex lege della documentazione di radioprotezione) per tutte le 52 pratiche in essere al 31/12/2022 (con radiazioni ionizzanti nei Centri ENEA di Bologna (inclusi Laboratori di Montecuccolino e Faenza), Brasimone, Brindisi, Casaccia, Frascati, Portici, Saluggia, Santa Teresa e Trisaia. Nel corso del 2022, sono iniziate 2 nuove pratiche nel CR Casaccia e 1 è cessata nel CR Frascati.

Il 2022 è stato, inoltre, contraddistinto dagli adempimenti aggiuntivi derivanti dalla normativa di radioprotezione (D. Lgs. 101/20). In primo luogo, si è conclusa la registrazione di tutte le attività dell'Agenzia e la comunicazione di ogni singola sorgente detenuta sul portale STRIMS, *Sistema Tracciabilità Rifiuti Materiali e Sorgenti*, istituito da ISIN, che costituisce il così detto *inventario iniziale* dell'Agenzia nel nuovo sistema istituito dall'autorità vigilante.

In secondo luogo, sono state completate tutte le valutazioni integrative di radioprotezione per 13 delle pratiche più complesse ENEA, autorizzate con provvedimenti di nulla osta di categoria A (decreti ministeriali) o di categoria B (decreti Prefettizi) e la redazione di relazioni tecniche *ex lege* che costituiscono la parte tecnica integrante delle istanze di aggiornamento dei provvedimenti autorizzativi, ai sensi dell'art.235 del D.Lgs.101/2020, per le quali il suddetto decreto fissava come termine ultimo il 27/8/2022.

Un'ulteriore attività straordinaria nel 2022, sempre legata ai disposti del D.Lgs.101/2020, ha riguardato l'adempimento (ex artt.110 e 111) relativo alla formazione di radioprotezione per tutti i lavoratori ENEA esposti alle radiazioni ionizzanti nonché ai dirigenti ed ai preposti delle attività che impiegano radiazioni ionizzanti. L'Istituto, attraverso gli esperti di radioprotezione, opportunamente formati allo scopo nel 2021 ai sensi del Decreto Formatori (D.M. 6 marzo 2013), ha realizzato 16 corsi di formazione e/o di addestramento in radioprotezione, di cui: 2 per lavoratori esposti, 1 per dirigenti per la sicurezza e preposti, realizzando la formazione per circa 70 lavoratori e circa 10 preposti e/o dirigenti per la sicurezza. È stata inoltre assicurata la formazione degli addetti alle squadre di emergenza nucleare del CR Casaccia con 13 corsi specifici di addestramento e aggiornamento del CR Casaccia e del CR Trisaia, nonché l'esecuzione di 4 prove di emergenza sotto la vigilanza dell'ISIN (1 dell'intero sito e 3 di singoli Impianti).

Sempre in attuazione al D.Lgs. 101/20, che ha recepito nella normativa nazionale l'attenzione alla esposizione al radon (radionuclide naturale) negli ambienti di lavoro e di vita, nel 2022 è terminata, entro i termini di legge di 2 anni dal 27/8/2020, la campagna di monitoraggio della concentrazione di radon in 400 locali di lavoro sotterranei dei Centri ENEA con la esecuzione di oltre 1000 valutazioni. I risultati ottenuti hanno consentito di determinare i livelli di esposizione negli ambienti di lavoro sotterranei (per lo più locali tecnici con ridotto fattore d'uso) e di individuare gli ambienti di lavoro che richiederanno azioni di rimedio e ulteriori campagne di misura ai sensi di legge.

Oltre alle attività straordinarie relative ai nuovi adempimenti del D. Lgs.101/2020, gli esperti di radioprotezione hanno assicurato tutte le valutazioni dosimetriche (circa 500) per i lavoratori ENEA esposti alle radiazioni ionizzanti e predisposto le relazioni tecniche (oltre 100) necessarie per l'esercizio delle attività ENEA secondo la vigente normativa in materia di radioprotezione. Il personale tecnico di radioprotezione operativa ha coadiuvato gli esperti di radioprotezione realizzando oltre 400 sopralluoghi di verifica che hanno richiesto l'esecuzione di oltre 8.000 misure di monitoraggio (dirette ed indirette) negli ambienti di lavoro.

Per i Centri di Casaccia è stato inoltre redatto ed inviato alle Autorità vigilanti il rapporto annuale di monitoraggio della *radioattività ambientale* ex art. 97 D.Lgs. 101/2020, per conto degli Esercenti degli impianti ivi operanti (ENEA, SOGIN e Nucleco), che descrive i risultati di oltre 2.000 misure dirette o su campioni ambientali del sito Casaccia. Per il sito Trisaia, invece, sono state eseguite circa 1.000 misure per la caratterizzazione radiologica ambientale del sito e per la redazione del relativo rapporto annuale ambientale, necessario ai fini della certificazione ambientale del Centro ENEA.

Il monitoraggio individuale di radioprotezione per i 250 lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti nei vari Centri ENEA è stato anch'esso assicurato e gestito dall'Istituto, attraverso la fornitura di circa 8.000

dosimetri personali ed il coordinamento ed esecuzione di oltre 600 misure di contaminazione interna, sia dirette con Whole Body Counter che indirette di radiotossicologia. Sono state, inoltre, garantite circa 60 tarature periodiche e di verifica di buon funzionamento della strumentazione di radioprotezione, secondo le esigenze interne.

L'attività di servizio per l'Agenzia, in relazione alle sole misure eseguite per le varie finalità di dosimetria, sorveglianza ambientale, caratterizzazione e sorveglianza ambientale, corrisponde complessivamente a circa 13.000 misure di diversa tipologia e complessità che corrispondono ad un valore di circa 1.000.000 euro. Tale importo è stimato con le tariffe vigenti applicate agli utenti esterni e si riferisce alle sole misure di dosimetria e monitoraggio del personale e di sorveglianza ambientale e di caratterizzazione dei siti ENEA.

Nel 2022, è stata anche garantita la attività di *consulenza specialistica alle Unità dell'Agenzia per valutazioni di radioprotezione e di caratterizzazione radiologica* per attività da avviare e/o dismettere o manutenzioni straordinarie dei principali impianti ha richiesto studi e valutazioni specifiche per il CR Frascati, il CR Trisaia, per il CR Casaccia ed il CR Brasimone. Nel caso di attivazione e cessazione di pratiche sono infatti necessarie specifiche valutazioni e spesso misure di caratterizzazione. Ciò in particolare nel caso di infrastrutture complesse e impianti nucleari.

L'attività per il CR Frascati è stata rivolta alle valutazioni per la realizzazione dell'impianto DTT (Divertor Tokamak Test facility), per il completamento della dismissione dell'impianto FTU sottoposto a parere dell'ISIN e per l'aggiornamento delle valutazioni a seguito delle modifiche degli acceleratori dell'edificio 30. Per il DTT, anche attraverso il coordinamento della *Task force Licencing* e collaborando con la struttura HSE del Consorzio SCARL, è proseguito lo studio progettuale di radioprotezione attraverso lo sviluppo della programmazione della sorveglianza fisica, della definizione delle zone a rischio radiologico nel nuovo impianto, della definizione delle limitazioni degli accessi del personale e delle relative modalità di realizzazione, dello studio dei campi di radiazione e dell'attivazione neutronica, della valutazione preventiva dell'esposizione dei lavoratori e delle persone del pubblico e dell'analisi delle situazioni incidentali. Per l'impianto FTU è stato completato il rapporto di caratterizzazione radiologica dei materiali da dismettere e l'analisi delle azioni da condurre per il rilascio dei componenti. I dati conclusivi sono stati sottoposti al parere di ISIN nel novembre 2022.

Per il CR Trisaia, sono state fornite attività di consulenza e di misura per le varie attività di bonifica riconducibili sia alle attività di rimozione delle parti residue dell'impianto Magnox che per ulteriori condotte interrato oltre che per il monitoraggio delle acque estratte attraverso il sistema MISOP, realizzato per contenere l'inquinamento di tipo convenzionale in aree circostanti il CR ENEA. In particolare sono stati predisposti specifici piani operativi, sottoposti alle autorità vigilanti (ARPA, ISIN e la Conferenza dei servizi) per il completamento delle operazioni di rimozione e caratterizzazione radiologica della condotta di adduzione del serbatoio interrato. Nel 2022, sono state eseguite le misure di caratterizzazione radiologica di ulteriori tratti di condotta interrata e del terreno circostante, nelle vicinanze dell'Edificio R27- Hall Tecnologica (complessivamente circa 130 misure di diversa tipologia). Sono state redatte tutte le relazioni di radioprotezione necessarie ai sensi di legge ed al Codice degli Appalti, per l'esecuzione delle operazioni di rimozione realizzate da ditte esterne.

Nel CR Casaccia sono state, invece, necessarie valutazioni straordinarie per l'impianto TRIGA per le operazioni di manutenzione straordinaria attuate dalla direzione di Impianto, nonché per lo stato di conservazione e funzionamento per l'impianto Tapiro. È stata inoltre predisposta la raccolta completa delle procedure di radioprotezione ai fini del programma di garanzia di qualità della sorveglianza di radioprotezione dell'intero Centro ENEA e delle misure radiometriche nell'ambito della rete di sorveglianza *ex lege* del sito che ospita gli impianti nucleari ENEA e SOGIN.

Per il CR Brasimone, invece, per il progetto ENEA "Sorgentina-RF", si è provveduto a una serie di valutazioni su campioni di materiali cementizi idonei alla costruzione della futura schermatura dell'impianto, necessaria al rispetto dei vincoli di dose progettuali che hanno consentito di costruire specifiche curve di attenuazione per le miscele cementizie indagate. I campioni di cemento standard e baritico sono stati irraggiati presso il Laboratorio di Montecuccolino.

Per tutte le attività di consulenza e di studi specifici di radioprotezione per l'ENEA sopra descritte sono stati redatti 27 specifici documenti tecnici progettuali, richiesti dalle Autorità vigilanti e/o necessarie per l'Agenzia e 20 rapporti tecnici interni, di consuntivo o procedurali delle attività svolte.

La **fornitura di servizi tecnici avanzati** all'utenza esterna continua ad essere rilevante sia per l'aspetto finanziario (entrate accertate per 1.350 k€) che per il riscontro da parte degli utenti, che ha riguardato:

1. noleggio e lettura di circa 20.000 dosimetri personali per tutti i tipi di radiazioni per oltre 100 utenti;
2. 1.500 misure di monitoraggio della concentrazione di radon per circa 70 utenti, tra cui Eni;
3. 2.500 misure di contaminazione interna, sia dirette che indirette per 10 utenti, fra cui Nucleco, Sogin, ISIN, INFN;
4. 300 misure radiometriche in campioni di varia origine per vari tipi di radionuclidi per 5 utenti, tra cui Nucleco ed Eni;
5. 50 tarature di strumentazione di radioprotezione per utenti esterni.

La qualità e l'affidabilità dei servizi forniti, costantemente a confronto con lo stato dell'arte nazionale e internazionale, è stata verificata e dimostrata attraverso i risultati ottenuti nelle partecipazioni a test di prestazione (audit esterni) nell'ambito di 16 interconfronti nazionali ed internazionali per le principali tecniche oggetto di fornitura. Gli esiti hanno mostrato risultati sempre compatibili con i requisiti stabiliti dalle norme internazionali (i.e. ISO o IAEA a seconda degli specifici interconfronti), ed in molti casi con prestazioni eccellenti, come nel caso di 5 menzioni "Top Lab" nell'inter-confronto PROCORAD per misure radiotossicologiche e radiometriche.

L'**attività di studio e ricerca** oltre ad essere stata rivolta agli studi per la realizzazione o dismissione di impianti nei CR ENEA, è stata rivolta a misure di radioattività ambientale con finalità anche di valutazioni in caso di rilasci incidentali/emergenza, a valutazioni dell'esposizione di operatori sanitari durante esami di radiologia interventistica, valutazioni di dose al paziente in specifici trattamenti di radioterapia esterna o terapia metabolica. Infine, sono stati eseguiti studi per l'ottimizzazione delle misure radiometriche e dosimetriche con l'obiettivo di un continuo miglioramento della qualità dei servizi offerti.

- In particolare, è stata portata a termine la linea di studio rivolta all'utilizzo dei dati di monitoraggio continuo ambientale con camera Reuter-Stokes per garantire un nuovo punto di monitoraggio continuo per ogni possibile emergenza radiologica. E' stato inoltre realizzato uno specifico studio, i cui risultati mostrano che attraverso l'analisi statistica dei dati di misura, associati alla modulazione annuale e giornaliera del radon, con il tempo meteorologico e anche con gli eventi di tipo sismico, è possibile discriminare variazioni dovute a eventi di origine antropogenica. Nell'ambito del Progetto EMPIR-19ENV01 Traceradon - *Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level*, a supporto delle attività FSN nello stesso ambito, sono stati realizzati studi sull'applicazione di algoritmi di Intelligenza Artificiale (AI), quali *l'Isolation Forest*, per la discriminazione di anomalie (*outliers*) nelle serie storiche di rateo di dose acquisite nel monitoraggio ambientale. Sono inoltre stati realizzati inoltre valutazioni di radioprotezione in caso di emergenze nucleari, legate anche all'attuale situazione internazionale (i.e. centrale di Zaporizhzhia). Infine, è stata messa a punto ed implementata in routine una metodica nuova per misure radiometriche in matrici metalliche complesse.

I risultati degli studi sopra citati, unitamente ad ulteriori studi, sono stati documentati in 30 pubblicazioni di cui: 16 pubblicazioni su rivista internazionali con *peer review* (IF), 1 relazione in Atti di congressi internazionali, 7 relazioni in atti di congresso nazionali, 3 pubblicazioni su riviste nazionali, 3 contributi a Libri.

## **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

L'Istituto è in costante rapporto con le seguenti organizzazioni:

1. EURADOS (*European Radiation Dosimetry group*) partecipando alle attività del *Council* con un membro ENEA, oltre che a quelle tecnico scientifiche dei principali *Working Group* sulla dosimetria delle radiazioni ionizzanti (*WG2 – Harmonisation in Individual Monitoring, WG3-Environmental dosimetry, WG6 – Computational Dosimetry, WG7-Internal dosimetry, WG12-Dosimetry in Medical Imaging*)
2. ICRU (*International Commission on Radiation Units and Measurements*), CRPPH (*Committee on Radiation Protection and Public Health*) della NEA (OCSE), oltre che con i principali enti di normazione tecnica internazionale ISO e IEC;
3. Ministero della Salute, Direzione Generale della Prevenzione, con particolare riferimento alla gestione di eventi emergenziali di tipo radiologico e nucleare e in quest'ambito fornisce consulenza al Centro Antiveneni di Pavia;
4. è membro della rete di *Laboratori ALMERA*, istituita da IAEA e membro del consiglio scientifico di *PROCORAD (Association pour la Promotion du Contrôle de Qualité des Analyses de Biologie Médicale en Radiotoxicologie)* associazione francese cui aderiscono i principali laboratori nel campo delle misure di radiometria degli escreti;
5. è membro della piattaforma *NERIS (European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery)* di organizzazioni europee coinvolte nei processi decisionali, nell'attuazione delle azioni protettive durante le emergenze nucleari e radiologiche e nelle fasi di recupero delle aree interessate;
6. *Associazione Italiana di Radioprotezione (AIRP)*, la principale associazione scientifica nel campo della radioprotezione a livello nazionale, nell'ambito del quale i ricercatori contribuiscono a iniziative di confronto e collaborazioni. Dal 2021, ENEA è socio collettivo di AIRP.

I ricercatori IRP sono inoltre in costante rapporto con le associazioni tecnico-scientifiche e professionali nazionali nel campo della radioprotezione (FIRR, AIRP, ANPEQ, SIRR).

In relazione alla normativa tecnica nazionale, il Responsabile dell'Istituto è membro, in rappresentanza ENEA, della Commissione Tecnica Tecnologie nucleari e Radioprotezione dell'UNI e ne presiede la Sottocommissione 2 Protezione dalle radiazioni, e in questo ambito coordina rappresentanti di altre organizzazioni nazionali (ISIN, ARPA regionali, ANPEQ, AIRP, AIFM, INFN, SOGIN, VVFF) e private (Ametek, Unsider, Atlaservice) per la redazione e il recepimento della normativa tecnica internazionale a livello italiano.

## **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

Oltre a garantire all'Agenzia stessa tutte le attività necessarie ex lege per l'esercizio di tutti gli impianti e laboratori che impiegano radiazioni ionizzanti, nonché il monitoraggio individuale ed ambientale di radioprotezione, le attività e le competenze dell'Istituto impattano in modo particolare in ambiti che spaziano dal decommissioning nucleare alla medicina e, in generale, alle attività produttive, sanitarie e di ricerca che impiegano le radiazioni ionizzanti (anche di origine naturale). Gli studi sulla radioattività ambientale di origine antropomorfa e naturale rivestono grande interesse in ambito nazionale e internazionale, non solo per gli aspetti di sicurezza nucleare, ma anche per la promozione di un sistema economico sostenibile. D'altra parte, i servizi tecnici avanzati, forniti in alcuni casi in modo esclusivo a livello nazionale e rivolti ad una utenza di settore ormai consolidata, rappresentano una competenza e potenzialità tecnica unica per completezza a livello nazionale che è messa in ogni possibile ed opportuna occasione al servizio del Paese. Anche le collaborazioni instaurate in ambito nazionale ed internazionale per vari aspetti di radioprotezione delle radiazioni ionizzanti testimoniano come l'impegno profuso per mantenere ed implementare competenze, capacità operative e tecniche di indagine permettono oggi di offrire al Paese un sistema di competenze e servizi tecnici avanzati altamente qualificati.

## Unità Tecnica Antartide (UTA)

---

**Responsabile: Elena Campana**

### FINALITÀ E STRATEGIE

L'Unità Tecnica Antartide (UTA) organizza e realizza le Campagne in Antartide nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) del MIUR, in ragione del Decreto Interministeriale MIUR-MISE del 30 settembre 2010 che affida all'ENEA il compito relativo all'attuazione logistica delle spedizioni scientifiche in Antartide.

Il ruolo dell'Unità, in esecuzione del Programma Esecutivo Annuale elaborato insieme al CNR e approvato dal MUR, comprende le azioni tecniche, logistiche e la responsabilità dell'organizzazione nelle zone operative, nonché la programmazione, costruzione e gestione degli interventi, l'approvvigionamento di materiali e servizi, la manutenzione degli impianti e degli strumenti installati presso le Stazioni Antartiche italiane.

A UTA fanno inoltre riferimento tutti i progetti scientifici finanziati dal PNRA, per la loro realizzazione operativa.

L'Unità si avvale, soprattutto per le operazioni in Antartide, della collaborazione di personale di altre Unità dell'ENEA nonché di Università ed Enti di ricerca, delle Forze Armate italiane e dei Vigili del Fuoco. Mentre il personale di UTA, per le attività organizzative condotte in Italia, si attesta intorno alle 40 unità, alle Spedizioni antartiche partecipano mediamente 200 persone.

Le risorse finanziarie sono messe a disposizione dal MUR su base annua; su 23 M€ di finanziamento del Programma Esecutivo Annuale del PNRA, almeno 16 M€ sono assegnati alle attività di competenza di UTA.

### PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2022, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2021-2023

**Obiettivo Triennale - UTA.OS.01 – Assicurare l'attuazione, quanto alle azioni tecniche, logistiche e organizzative, delle Spedizioni del PNRA in ottemperanza al Decreto Interministeriale MIUR-MISE del 30 settembre 2010.**

Gli obiettivi annuali di UTA sono perciò ricorrenti, anno dopo anno, nel rispettare tempi e modi di esecuzione del Programma Esecutivo Annuale (PEA) che viene elaborato da UTA insieme al CNR, e approvato dal MUR.

Nei primi mesi del 2022 è stata portata a compimento la 37ma Spedizione antartica, che si è svolta del tutto in linea con le previsioni del PEA 2021.

Nel secondo semestre 2022 si è dato avvio alla pianificazione delle attività previste per la 38ma Spedizione che è stata configurata come una normale Spedizione e si è poi avviata la Spedizione. La Spedizione ha visto la partecipazione di circa 230 persone, tra personale logistico e scientifico e l'esecuzione delle attività relative a circa 80 progetti di ricerca.

La Campagna estiva 2022-23 ha avuto inizio il giorno 22 ottobre 2021 con l'arrivo presso la Stazione Mario Zucchelli del gruppo di apertura.

La 18ma Campagna invernale presso la Stazione italo-francese "Concordia" si è conclusa il 3 novembre con il contestuale avvio della Spedizione estiva.

Superate le restrizioni imposte dall'emergenza pandemica sono state riprese le normali attività di training del personale neofita, propedeutiche alla partecipazione alla Spedizione.

Per tutti i partecipanti UTA ha inoltre garantito la gestione del personale di Spedizione, gestione che comprende l'organizzazione delle visite mediche presso gli Istituti di Medicina Aerospaziale

dell'Aeronautica Militare, la gestione della biglietteria aerea verso l'emisfero australe, la gestione della quarantena obbligatoria prevista dal Governo neozelandese, la copertura assicurativa, ed il trattamento di missione (diaria e indennità antartica).

UTA ha garantito inoltre il trasporto, tramite vettori commerciali, dei beni logistici e scientifici dall'Italia all'emisfero australe.

Per quanto riguarda i trasporti aerei intercontinentali dalla Nuova Zelanda e la base MZS, per merci e persone, ci si è avvalsi del supporto di un C 130J dell'Aeronautica Militare italiana.

Per i trasporti continentali, è stato confermato il nolo annuale del velivolo Basler BT-67 e di elicotteri Ecureuil AS-350/B2 per le attività a corta-media distanza da MZS.

Per garantire il funzionamento delle Stazioni antartiche, sono state condotte nel corso del 2022 le necessarie attività di progettazione e di approvvigionamento per l'intera gamma dei servizi tecnici necessari, che spaziano dalle esigenze primarie (mensa, alloggio, riscaldamento, sanità) a quelle tecniche sia di base che di supporto alla ricerca (telecomunicazioni, informatica, impiantistica, laboratori, mezzi di trasporto a corto raggio terrestri e marini, ecc.).

Sono riprese le attività relative al progetto nazionale FISR "Avio Superficie in Antartide" e a fine novembre è stato possibile effettuare il primo atterraggio di prova con il C130 dell'Aeronautica Militare Italiana.

Il progetto comunitario "Beyond EPICA", sospeso nella 37ma Spedizione a causa dell'emergenza COVID, è proseguito nel corso della 38ma Spedizione con il prosieguo delle attività di perforazione del ghiaccio.

#### **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

Il PNRA è un programma scientifico del MIUR che coinvolge direttamente, oltre all'ENEA, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), la Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide (CSNA), Università ed Enti di ricerca nazionali (INGV, OGS, ISPRA).

La gestione della base antartica permanente Concordia avviene in collaborazione strettissima con l'Istituto Polare francese (IPEV), con il quale annualmente si concordano e realizzano le attività logistiche e scientifiche in base. Inoltre, le attività logistiche in Antartide sono frequentemente realizzate in collaborazione con altri Programmi antartici stranieri, attraverso i rispettivi organismi attuatori.

Nel corso del 2022 sono state positivamente condotte attività in cooperazione con i Programmi polari statunitense (NSF), neozelandese (AntNZ), inglese (BAS), tedesco (BGR), australiano (AAD), coreano (KOPRI).

Occorre inoltre sottolineare che le attività antartiche sono inserite nel sistema internazionale del Trattato Antartico, al quale l'Italia ha aderito nel 1981 divenendo parte contraente nel 1987 in virtù della istituzione del PNRA. In tale ambito, nel corso del 2022 l'Unità Tecnica Antartide ha partecipato alla XXXIII riunione annuale del *Council of Managers of National Antarctic Programs* (COMNAP) che si è tenuta in modalità on line.

#### **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

L'Antartide è caratterizzato da condizioni climatiche estreme (vento e temperatura) che lo rendono un sito particolarmente adatto a test di nuove tecnologie e studi sul comportamento umano. Le ricadute economiche e tecnologiche sul sistema industriale (principalmente PMI e programmi spaziali) sono potenzialmente interessanti, ma di difficile quantificazione, e non possono che essere indirette.



## Direzione Innovazione e Sviluppo (ISV)

---

**Direttore: Alessandro Coppola**

### **FINALITÀ E STRATEGIE**

La Direzione Innovazione & Sviluppo (ISV) rappresenta l'ENEA verso il potenziale mercato dell'offerta di ricerca e servizi ad alto contenuto tecnico-scientifico, per un'efficace interrelazione con i soggetti che rappresentano le potenziali controparti contrattuali: Unione Europea, Organismi internazionali, PA centrale, Regioni ed enti locali, Industria e associazioni, cittadini.

Il quadro di contesto in cui trovano indirizzo le attività della Direzione è rappresentato dalla domanda crescente di supporto e consulenza per la definizione ed attuazione di policies ed interventi da parte della PA e della Rappresentanza Permanente d'Italia presso l'Unione Europea, e di richiesta di investimenti in tecnologie, processi e prodotti da parte del settore privato.

La Direzione ISV è organizzata in Servizi, realizzando con essi dei "centri di competenza" per le attività di maggior rilevanza ai fini della propria "mission". La Direzione al suo interno dispone inoltre di un'apposita unità di trasferimento tecnologico (Divisione Sviluppo Tecnologico), con l'obiettivo non solo di promuovere ancora più efficacemente le attività di ricerca e i servizi dell'ENEA verso controparti industriali ed istituzionali, ma anche di ridurre gli oneri burocratici e relazionali delle Unità tecniche attraverso una più efficiente centralizzazione delle competenze specialistiche comunque indispensabili.

### **PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2022, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2022-2024**

#### **Obiettivo triennale ISV.OS.01 - Promuovere e valorizzare il ruolo dell'Agenzia nel trasferimento al territorio dei risultati della ricerca e nelle collaborazioni con soggetti terzi istituzionali e non.**

Questo obiettivo triennale della Direzione ISV riveste un'importanza strategica per l'Agenzia, riguardando la promozione del ruolo dell'ENEA nei confronti della committenza ed il trasferimento dei risultati dell'attività di ricerca al mondo produttivo del Paese.

La Direzione ISV ha continuato ad assicurare alle strutture tecniche dell'Agenzia, tramite la propria Divisione Sviluppo Tecnologico (ISV-DST), le competenze giuridiche per la verifica delle clausole relative alla Proprietà Intellettuale/Industriale contenute in varie tipologie di contratti. Tale supporto ha riguardato circa 50 Consortium Agreement/Accordi di partenariato, 65 Non Disclosure Agreement, 48 Contratti di ricerca/Accordi di collaborazione, 31 Accordi Quadro/Protocolli d'Intesa/MoU/Accordi di Programma/Lol. La Divisione Sviluppo Tecnologico ha inoltre redatto e negoziato 4 contratti di licenza, 10 Accordi di Gestione della co-titolarità/IPR Agreement. Sono stati inoltre predisposti 2 Material Transfer Agreements e 2 Disclaimer per siti web.

Su richiesta, sono stati inoltre forniti ai colleghi specifici pareri legali e consulenze in merito a presunte violazioni di diritti di proprietà intellettuale, al copyright su fotografie, alla proprietà e all'utilizzo di dati, a problematiche relative alla riservatezza e diritti di proprietà intellettuale dei dottorandi.

Su specifica richiesta è stato fornito supporto alla redazione e negoziazione dell'Accordo sui diritti di proprietà intellettuale nell'ambito dell'attuazione del Progetto DIVERTOR TOKAMAK TEST (DTT) e si è partecipato al gruppo ristretto di soggetti incaricati della redazione delle Linee Guida sulla Proprietà Intellettuale del Centro Nazionale di Ricerca per le Tecnologie dell'Agricoltura – Agritech e al Gruppo di Lavoro per la redazione degli atti di attuazione del Framework Agreement con la società Newcleo.

Nel corso del 2022, la Divisione ISV-DST ha ricevuto dai Dipartimenti le seguenti richieste, tutte correttamente processate:

- 18 richieste di nuovi depositi o di estensioni internazionali,

- 1 richiesta di attivazione di un nuovo spin-off.

Sono proseguite le attività mirate a implementare la KES (Knowledge Exchange Strategy) per rafforzare il rapporto con l'industria, mediante attività di sensibilizzazione con contatti mirati rivolti ad imprese selezionate, per l'iscrizione al Knowledge Exchange Program (KEP) che, al 31 dicembre 2022, vede 270 aziende registrate. Sono inoltre continuate le attività dei due "Knowledge Transfer Manager" (KTM) attivate nell'ambito del progetto KEP 2.0, co-finanziato dal MiSE. I due KTM hanno continuato a svolgere attività a supporto del programma KEP e dei KEO per il primo contatto e follow-up con le aziende registrate, attività finalizzate all'identificazione di risultati di ricerca valorizzabili verso il sistema industriale, con un focus sulle tematiche Materiali ed Economia Circolare, attraverso un'attività di scouting all'interno di ENEA, nonché avviati contatti e interazioni con soggetti privati per valorizzare i risultati di ricerca. Nel mese di ottobre 2022, è stata presentata, in risposta ad un nuovo bando del MiSE, una proposta per il rifinanziamento del progetto KEP 2.0, per un periodo di ulteriori 2 anni. La proposta è stata valutata positivamente ed ammessa al finanziamento nel mese di dicembre 2022 e consentirà di dare continuità alle attività progettuali fino al 30 giugno 2025.

In maniera sinergica con la nuova strategia di trasferimento della conoscenza, l'ENEA ha inoltre avviato e proseguito progettualità finalizzate a supportare il sistema industriale, e le PMI in particolare, nella gestione dei processi di innovazione e nella realizzazione di interventi di innovazione tecnologica. Nell'ambito del Protocollo d'Intesa tra ENEA e Unioncamere, ENEA sarà coinvolta nella realizzazione del progetto "Matching Imprese-Ricerca pubblica (MIR)", che sarà presentato ufficialmente nei primi mesi del 2023. Il progetto MIR, che prevede il coinvolgimento, oltre che di Unioncamere ed ENEA, anche del CNR, è finalizzato al rafforzamento dell'interazione tra la ricerca pubblica e il mondo produttivo e alla creazione di nuove partnership partendo dalle esigenze delle imprese, attraverso la messa a sistema di una metodologia condivisa da rendere fruibile a tutta la ricerca pubblica.

In continuità con quanto già fatto negli anni precedenti sin dal 2011, inoltre, la Direzione ISV ha garantito la presenza ENEA nei progetti della rete Enterprise Europe Network (EEN) per l'innovazione e l'internazionalizzazione delle PMI. Nel nuovo progetto BRIDGEconomies 2022-2025, finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Single Market Programme (SMP COSME) per il periodo 1° gennaio 2022 – 30 giugno 2025 (Grant Agreement 101052679), le attività dell'ENEA si concentreranno sulle PMI delle regioni Campania e Puglia, vedranno il coinvolgimento dei Dipartimenti SSPT e TERIN, e saranno focalizzate sulle tematiche della sostenibilità, della digitalizzazione e della resilienza.

Nel corso dell'anno è poi proseguita l'attività di affiancamento al Dipartimento SSPT per le attività di valutazione tecnico-scientifica dei progetti proposti al finanziamento dell'intervento agevolativo "Economia Circolare" (DM 11 giugno 2020 del MiSE), alle quali la Divisione partecipa gestendo l'attività di interfaccia con lo stesso MiSE e con INVITALIA, soggetto deputato alla valutazione economico-finanziaria delle medesime iniziative, con il quale la Direzione ha sottoscritto apposito accordo di collaborazione.

Si segnala, infine, l'intenso supporto che continua ad essere fornito al Dipartimento FSN per l'evoluzione da progetto di ricerca industriale (Sorgentina RF), in corso con il co-finanziamento della Regione Emilia-Romagna, ad impianto industriale del Generatore di radioisotopi ENEA (GENIE) da realizzarsi presso il Centro di Ricerca ENEA Brasimone. Le attività della Direzione sono in particolare finalizzate alla definizione delle azioni preliminari al finanziamento e del veicolo societario più idoneo a consentire la realizzazione di una proposta industriale innovativa per la produzione di radiofarmaci, coinvolgendo tutte le autorità regionali e gli stakeholder della Sanità rilevanti fino ai massimi livelli delle Regioni Emilia-Romagna e Toscana e di ulteriori soggetti Istituzionali nazionali (ad esempio, SCFM).

La Divisione ed il Servizio ISV-MARK hanno continuato ad assicurare il coordinamento del Programma Proof of Concept (PoC), messo a punto per sostenere lo sviluppo di tecnologie con un basso grado di maturità tecnologica. Nel corso del 2022, gran parte dei progetti finanziati dal Programma di Proof of Concept (PoC) dell'ENEA sono stati portati a termine e sono proseguite le attività di mentoring dei progetti stessi. Per alcuni di questi progetti è stato possibile iniziare un percorso di valorizzazione con i partner industriali di progetto, in altri casi sono stati comunque registrati dei risultati che si sono tradotti in nuovi brevetti o in un potenziamento delle infrastrutture e capacità di ricerca dei laboratori ENEA.

Sono stati inoltre portati a termine anche i progetti di PoC finanziati con il Programma di valorizzazione denominato "Programma di Proof of Concept ENEA 2020.02 – PoC ENEA 2020.02", cofinanziato dai fondi del primo Bando MISE dedicato a tali iniziative e coordinato dal servizio ISV-MARK. In risposta al nuovo Bando MISE, a valere su risorse PNRR, per cofinanziare programmi di PoC nelle istituzioni universitarie e della ricerca pubblica italiana, nel mese di ottobre 2022 è stata presentata una nuova proposta di Programma con una richiesta di cofinanziamento pari ad euro 480.000.

Nel quadro della collaborazione con il Fondo di Venture Capital EUREKA!, uno dei fondi costituiti nell'ambito della piattaforma ITAtech e con cui è stato sottoscritto nel 2021 un accordo per definire le linee guida per i potenziali investimenti in progetti di PoC e i modelli contrattuali da adottare, è stato sottoscritto il primo progetto PoC, nella storia dell'ENEA in collaborazione con il CNR, finanziato da un fondo di Venture Capital e finalizzato alla costituzione di una start-up per valorizzarne i risultati attesi.

Il Servizio ISV-MARK ha iniziato una attività di analisi ed inquadramento sistematico dell'intera offerta rappresentata da ENEA, incrociandola secondo una lista di verticali applicativi individuati osservando l'organizzazione delle filiere produttive e dell'associazionismo; ciò col fine di realizzare uno strumento operativo per la traduzione degli assets (tangibili ed intangibili) dell'Ente in pacchetti di proposte tagliati appositamente per i verticali, così da efficientare il dialogo con le aziende e le possibilità di trasferimento tecnologico.

Il Servizio ISV-MARK, in collaborazione con la i Servizi della Divisione ISV-DST, ha effettuato delle attività di consulenza a favore di progetti di spin-off interni e sono state gestite una serie di richieste e problematiche riguardanti potenziali accordi di licenza e/o collaborazione da parte di imprese terze e spin-off ENEA.

Oltre alle attività già richiamate e finalizzate a specifici progetti di valorizzazione, è stato elaborato, pubblicato e presentato in collaborazione con Assobiotec-Federchimica l'annuale Rapporto sulle imprese attive nelle biotecnologie in Italia, basato sul lavoro di Rilevazione statistica ENT-00007, previsto dal Programma Statistico Nazionale e di cui l'ENEA è titolare.

**Obiettivo triennale ISV.OS.02 - Promuovere, facilitare l'accesso e supportare la partecipazione delle Unità Organizzative a programmi e opportunità di finanziamento internazionali, nazionali e regionali. Assicurare il supporto agli Organi di Vertice dell'Agenzia, garantendo la cura delle relazioni istituzionali nazionali, europee e internazionali, con le controparti pubbliche e private maggiormente rilevanti per l'Agenzia**

Sono proseguite le attività residuali inerenti al Piano Triennale di Realizzazione ENEA 2019-2021 per la Ricerca di Sistema Elettrico in attuazione dell'Accordo di Programma MiTE-ENEA per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale. In particolare, si è provveduto a dare supporto ai coordinatori dei dieci progetti a responsabilità ENEA nella presentazione delle varianti di progetto, si è preso parte agli incontri con gli esperti valutatori e si è provveduto a validare sul portale telematico della Cassa per i Servizi Energetici ed Ambientali le suddette varianti di progetto nella loro versione definitiva. Nel rispetto del ruolo di ENEA quale titolare dell'Accordo di Programma, si è provveduto, a seguito di Delibera di approvazione 1°SAL del Ministero della Transizione Ecologica (G.U. 0010364 del 6/04/2021), al trasferimento dei contributi ricevuti per le attività svolte dai co-beneficiari e successivamente ad erogare un secondo anticipo alle Università che avessero presentato il primo stato di avanzamento. Continua in modo efficace ed efficiente il costante confronto con le referenti della Cassa per i Servizi Energetici ed Ambientali.

L'Ufficio ISV-URP ha adempiuto, in coordinamento con l'Unità Relazioni e Comunicazione, agli obblighi normativi in materia di Ufficio per le relazioni con il pubblico ed è stato pubblicato il relativo nuovo sito web.

Il Servizio ISV-FUND ha proseguito e consolidato le attività legate alla progettualità in diversi ambiti:

- il monitoraggio, la mappatura e la diffusione dei bandi relativi ad opportunità di finanziamento, attraverso i canali identificati e il supporto alle unità tecniche nella preparazione e presentazione delle proposte progettuali;

- in collaborazione con il Servizio ISV-STP ed ISV-RELIST sono stati organizzati diversi corsi di formazione APRE online;
- in collaborazione con ISV-STP, ISV-RELIST ed ISV-DST è proseguita l'attività di analisi degli strumenti a sostegno della progettualità, per avviarne l'aggiornamento;
- è proseguito il coordinamento delle attività nel settore della Cooperazione allo Sviluppo, attraverso l'aggiornamento della Task Force, la partecipazione in qualità di osservatore alle riunioni del Consiglio Nazionale per la Cooperazione allo Sviluppo, l'analisi delle proposte da mettere in campo per sostenere le attività ENEA nel settore e la presentazione di tali attività in eventi;
- sono state avviate le attività preparatorie al rinnovo di Accordi legati al finanziamento e sviluppo di attività di ricerca e progettualità con AICS e Regione Lazio;
- ha garantito il coordinamento delle attività di rendicontazione dell'intero progetto ES-PA;
- è proseguita l'attività del gruppo di lavoro a supporto delle attività istruttorie inerenti l'Accordo di Programma ENEA/MiTE Ricerca di Sistema Elettrico.

La Direzione, attraverso il Servizio ISV-RELIST, ha garantito le relazioni Istituzionali, con iniziative con Parlamento e Governo in stretta collaborazione con il Vertice, i Dipartimenti e le Unità dell'ENEA (PNR, PNIR, Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR)). Nel contesto dell'alta formazione, della collaborazione di ricerca e del trasferimento tecnologico ha rafforzato la collaborazione con le Università italiane e straniere attraverso la sottoscrizione di 7 Convenzioni/Accordi Quadro, 11 Convenzioni per Tirocini curriculari, 2 Convenzioni per tirocini internazionali, 1 Convenzione per ospitalità di ricercatori stranieri e 2 Convenzioni per l'attivazione di Master universitari, favorendo inoltre l'attività di tutorato svolta nel Servizio ISV-RELIST.

La collaborazione con il MAECI vede l'ENEA presente nei tavoli di lavoro tematici dedicati alla preparazione della candidatura di Roma per Expo 2030 che rappresenta una grande occasione per mettere a sistema e integrare gli ingenti investimenti previsti con il PNRR e da altri fondi nazionali.

Tra le altre attività a supporto del MAECI si è conclusa la selezione di un esperto in qualità di Addetto Scientifico presso l'Ambasciata di Italia Al Cairo in Egitto ed è stato assegnato ad un esperto ENEA in organico RELIST per un periodo di due anni rinnovabili.

Sono stati assicurati i rapporti con le organizzazioni Internazionali OCSE, AIE, AIEA, con le Rappresentanze delle Ambasciate Italiane all'estero e con gli Enti che operano a livello Internazionale per la promozione di nuove tecnologie energetiche. In stretto coordinamento con la Rappresentanza Permanente presso le Organizzazioni Internazionali presso l'OCSE sono stati organizzati una serie di webinar e workshop-online favorendo la presenza ENEA, in collaborazione con AIE, World Energy Council, nonché con la Nuclear Energy Agency (NEA), la National Nuclear Security Administration (NNSA) del Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti. Nel corso del 2022 vi è stato il continuo supporto alle strutture tecniche nell'accesso alle opportunità di finanziamento attraverso azioni di lobby nella ricerca di partner e presso i servizi della Commissione. Infine, il Servizio ha promosso la partecipazione attiva ai tavoli di lavoro per accrescere le relazioni e potenziare le attività e collaborazioni per ENEA per posizionamento strategico in EU (RPUE, CE, Parlamento UE). I maggiori risultati: progetto meetMED II, UfM (REEE Platform), EnR, Batteries Europe, EEFIG, SEI Forums ClimSA, EERA. Tender: EU Support to Sustainable Energy Connectivity in Central Asia (SECCA); EU Leading the Global Energy Transition; ENER. Call: Green Deal, M-ERA.NET 3; ZEVSust; Programma ERASMUS+; BEST (Coordination and Support Action per il Segretariato della ETIP Batteries Europe). Ricognizione e analisi di report e papers: regolamento batterie (contributo alla redazione di un expert comment sulla proposta di Regolamento Batterie per il PE); Dossier EU Taxonomy for sustainable finance (aggiornamento normativa o strategie UE, in particolare strategia per la protezione dei suoli; revisione della Direttiva EPBD; Piano di Azione Digitalizzazione Sistema Energetico; Strategia UE per l'Energia solare; revisione della Direttiva Air Quality), Dossier Horizon Europe, (iter legislativi, pianificazione strategica, in particolare partenariati e missioni, lancio dei Work Programme 2021-2022, quest'ultimo aspetto anche in relazione ad altri Programmi di supporto a R&I quali EURATOM e Life e redazione aggiornamenti in merito a revisione della Comunicazione IPCEI, agenda di cooperazione con il Mediterraneo). Iniziativa SAMIRA (iniziativa di posizionamento presso la DG ENER sul tema strategico della

produzione di radioisotopi per usi medicali) promuovendo in maniera specifica i progetti di riferimento ENEA nella radiodiagnostica e produzione radioisotopi (progetto Sorgentina; TOP IMPLART); adesione alla European Alliance for industrial data, cloud and edge (piattaforma strategica UE sui dati e sulle tecnologie edge e cloud, centrali nelle policy UE per la Digital Europe); partecipazione alla ETIP Batteries Europe, curando in particolare il coordinamento del WG6 sulle applicazioni stazionarie.

Sono stati inoltre sottoscritti due Manifesti: APRE con firma del Manifesto 'Research and Innovation for the Future of Europe' per la promozione di R&I come tema di discussione della Conferenza per il Futuro dell'Europa e Commissione Europea con firma del "Manifesto for EU COVID-19 Research", in merito alla condivisione tra la comunità scientifica delle azioni intraprese per una rapida ed efficace risposta alla pandemia per massimizzare l'accessibilità dei risultati della ricerca nella lotta contro COVID-19.

Il Servizio ISV-STP ha supportato e coordinato la redazione dei contributi ISV per tutti i documenti programmatici e strategici. Nell'ambito del suo mandato, ha fornito supporto tecnico scientifico all'ottimizzazione di varie procedure interne, inclusi la realizzazione del titolare del protocollo generale, la partecipazione all'analisi sulla sicurezza e classificazione della gestione dei documenti, coordina il GdL, su mandato dalla Presidenza, per l'analisi dei processi lavorativi che portano alla stipula di accordi con soggetti terzi e la eventuale relativa banca dati. Ha anche offerto supporto allo "staff" del progetto EEN BRIDGEconomies, fornendo servizi alle imprese e stakeholders presso eventi e fiere, assistendo le imprese nella ricerca di partner tecnologici, stimolandone la partecipazione ad iniziative quali i tavoli di simbiosi industriale. Ha fornito supporto all'organizzazione di workshop sui temi del trasferimento tecnologico, sostenibilità e digitalizzazione. Per conto della Direzione ha provveduto a mappare ed aggiornare le informazioni relative agli archivi dei trattamenti e applicazioni in ambito GDPR e si è applicata la metodologia della checklist ISDP a tutti i suddetti trattamenti e gli archivi. Sono state svolte le numerose attività di interfaccia e supporto previste dai ruoli di Legal Entity Appointed Representative (LEAR) e Account Administrator per la CE, inclusa la reingegnerizzazione della banca dati 'contratti UE' e la sua pubblicazione online (<https://progettiue.enea.it>). Anche quest'anno, gli obiettivi previsti sono stati raggiunti grazie al massiccio uso di videoconferenze e strumenti di lavoro collaborativo e da remoto.

### **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

I principali interlocutori sono quelli citati nelle collaborazioni e nella struttura dell'ENEA alla quale si fornisce supporto incluse le Istituzioni scientifiche e soggetti di altri Paesi, governativi e non, a livello nazionale e internazionale. Gli interlocutori principali sono la PA centrale, Governo e Parlamento, le Università, le organizzazioni europee ed internazionali e altri soggetti terzi stakeholder (europei), in considerazione delle attività finalizzate principalmente alla formalizzazione di convenzioni, accordi di programma, protocolli di intesa fra le strutture dell'Agenzia nonché a favorire l'accesso e la partecipazione ai fondi di finanziamento europei e più ampiamente internazionali per attività di ricerca ed innovazione, oltre che alla stipula di accordi commerciali per azioni di trasferimento tecnologico o partnership pubblico-private con referenti del settore privato. Infine la Direzione partecipa attivamente alle attività organizzate dall'Associazione NETVAL (Network per la valorizzazione della ricerca, che include tra i soci la maggior parte delle Università italiane e i principali Enti pubblici di ricerca) ed è membro di TAFTIE (Network europeo delle Agenzie per l'Innovazione, dove è presente anche INVITALIA in rappresentanza del nostro Paese), del TTO Circle (che include tra i suoi membri i principali enti di ricerca pubblica a livello europeo e con il quale è stato definito un nuovo MoU nel corso del 2022) e di Enterprise Europe Network (EEN, la maggiore iniziativa comunitaria per la promozione dell'internazionalizzazione, della cooperazione e del trasferimento tecnologico transnazionale), nonché di IGLO (Associazione no profit degli Uffici di Rappresentanza degli Enti di Ricerca basati a Bruxelles) e GIURI (Gruppo Informale degli Uffici di Rappresentanza degli Enti a Bruxelles).

### **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

La Direzione ISV gioca essenzialmente il ruolo di mediatore tra l'offerta tecnico-scientifica dell'Agenzia e le necessità del sistema industriale, con titolo a voler rappresentare il "punto di ingresso" al mondo ENEA e alle sue potenzialità, nella continua ricerca di soluzioni innovative, competenze, risorse strumentali, prodotti e servizi adatte alle esigenze dei diversi interlocutori. L'interazione diretta con aziende, industria,

tessuto produttivo ed al contempo con dipartimenti, divisioni e laboratori interni all'Ente, porta inoltre l'attività della Direzione ISV ad una importante ricaduta in termini di capacità di riduzione del gap esistente tra verticali in cui è organizzato il mondo produttivo e lo schema organizzativo necessario alle attività di ricerca ed innovazione (in particolare impegnato in attività sin da bassi TRL); ciò è condizione necessaria per un efficace trasferimento tecnologico tra ricerca ed industria nazionale, un "passaggio di testimone" chiave per aver successo nella staffetta competitiva imposta dal Mercato globale.

Le ricadute economiche e tecnologiche sono dunque indirizzate verso l'intera Agenzia e derivano da un'azione sinergica di knowledge exchange con il mondo industriale, al quale viene offerta l'opportunità di acquisire ed implementare i risultati sviluppati nell'ambito delle attività di ricerca svolte dall'Agenzia, anche attraverso specifici accordi per l'accesso ai suoi brevetti e al know-how dei suoi ricercatori. La Direzione ISV assicura allo stesso tempo alle unità tecniche dell'Agenzia una tempestiva informazione sui possibili canali di finanziamento pubblico e privato a livello locale, nazionale ed internazionale, promuovendo la presentazione di proposte a bandi di finanziamento ad ogni livello, grazie alle relazioni attive con le potenziali controparti contrattuali quali Unione Europea, Organismi internazionali, PA centrale, Governo e Parlamento, Regioni ed enti locali.

## Unità Relazioni e Comunicazione (REL)

---

**Responsabile: Maria Cristina Corazza**

### FINALITÀ E STRATEGIE

L'Unità Relazioni e comunicazione (REL) è responsabile delle attività di comunicazione, informazione, promozione, realizzazione di eventi, cura delle relazioni esterne e ufficio stampa dell'ENEA. A tal fine assicura l'ideazione, realizzazione e gestione di progetti e iniziative per supportare gli obiettivi dell'Agenzia e valorizzarne l'impegno nel trasferimento di tecnologie innovative, servizi avanzati e know how scientifico alle imprese, alle pubbliche amministrazioni centrali, sul territorio e ai cittadini

L'Unità REL opera secondo le indicazioni degli Organi di Vertice e in costante raccordo con i Dipartimenti, le Direzioni e le Unità dell'Agenzia alle quali fornisce supporto nell'ideazione e realizzazione di iniziative di comunicazione interna ed esterna per rafforzare, promuovere e consolidare l'immagine, il ruolo, la reputazione e il posizionamento dell'Agenzia nei confronti degli stakeholder, anche al fine di contribuire all'acquisizione di progetti e commesse esterne. REL assicura inoltre le pubblicazioni sul web, la diffusione di informazioni utili fra il personale, gestisce la piattaforma e-learning e iniziative di formazione e informazione rivolte anche in modo mirato al mondo della scuola.

Cura l'ideazione, la progettazione e realizzazione di campagne di comunicazione multimediali, eventi ed iniziative di promozione quali fiere, manifestazioni, festival, siti web (oltre al portale istituzionale anche siti di progetto e dei Dipartimenti), loghi, brochure, video promozionali, la redazione, stampa e promozione della rivista scientifica ENEA Energia Ambiente e Innovazione e la newsletter in italiano e in inglese, ENEAinform@.

Cura altresì la realizzazione della rassegna stampa, il monitoraggio delle agenzie di stampa e delle riviste specializzate e la diffusione di notizie alla struttura sulla presenza su agenzie di stampa, stampa cartacea, web e tv. Un ruolo di crescente rilievo è attribuito alla presenza sui principali social network, quali Facebook, LinkedIn, Twitter, Instagram, YouTube e, di recente anche Telegram. Queste attività hanno contribuito a generare oltre 34mila articoli (+35% rispetto al 2021) e poco più di 1000 servizi audiovisivi. Nel 2022 è stata rafforzata l'attività di produzione di video e materiale di repertorio a corredo dei comunicati stampa per facilitare la realizzazione di servizi da parte dei media televisivi nazionali e internazionali.

Particolare attenzione viene data alle attività di formazione interna e per l'esterno: nel 2022 sono state realizzate due giornate di formazione professionale per giornalisti in collaborazione con l'Ordine Nazionale; in questo contesto, l'ENEA è riuscita ad acquisire la qualifica di Ente Formatore per giornalisti che consente un percorso più veloce e una maggiore autonomia nel proporre corsi.

### PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2021, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2021-2023

**Obiettivo triennale REL.OS.01 - Rafforzare il posizionamento dell'ENEA nel contesto nazionale e internazionale come soggetto di eccellenza tecnico-scientifica e partner strategico nell'accompagnare le imprese e le loro associazioni verso la crescita e la competitività, attraverso l'offerta di servizi e tecnologie innovative, strumenti, progetti, prodotti, infrastrutture, professionalità dedicate e iniziative mirate e 'su misura'**

Con riferimento all'indicatore *Lanci agenzia e articoli su carta stampata e web*, nel corso del 2022 ne sono stati conteggiati 34.447 (+35% rispetto al 2021), oltre a 1.075 servizi audiovisivi tra tv, radio e web (+133%). Questo risultato è stato possibile grazie alla produzione da parte di REL-MEDIA di 329 tra comunicati stampa e news, 44 edizioni del settimanale ENEAinform@ (22 in italiano e 22 in inglese), oltre a foto e video per ENEA Channel, veicolati direttamente ai media e sui social. Più che raddoppiata la nostra presenza sui TG Rai e Mediaset e sul principale quotidiano italiano, il Corriere della Sera.

A questo sostanziale incremento hanno contribuito anche l'aumentata visibilità di tematiche in cui ENEA è fortemente coinvolta, come il caro energia, il rischio di incidenti nucleari in Ucraina e il Superbonus 110%.

Le pagine ENEA gestite da REL-MEDIA su Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn, YouTube e Telegram sono state presidiate tutti i giorni con pubblicazione di contenuti e interazione con i lettori, con un costante aumento dei nostri follower (Instagram +52%, LinkedIn +25%, Facebook +11%, Twitter +10% e YouTube +13%).

**Con riferimento all'indicatore Numero di progetti di ricerca nazionali e internazionali per i quali è prevista attività di disseminazione, nel corso del 2022 il Servizio REL-PROM** ha curato l'ideazione, progettazione e la valorizzazione di attività, servizi e iniziative di oltre 54 progetti di ricerca formalmente rendicontati, con la realizzazione di siti web, loghi, poster, brochure etc. Ha realizzato 10 siti tematici per enea.it, curato l'aggiornamento di 35 siti tematici e di progetto, ha prodotto più di 65 video (tra promo, videointerviste, video divulgativi) generando una rassegna video di circa 60 passaggi TV tra news sui TG Nazionali e regionali e programmi TV di approfondimento. Ha curato la partecipazione a 6 manifestazioni fieristiche di cui 3 internazionali (ECOMONDO, DENKMAL e WCPEC22).

Nel 2022 il Servizio è stato coinvolto nell'attività di divulgazione con la produzione di audiovisivi sul tema Idrogeno come vettore energetico, e per il progetto di Cittadinanza Organizzativa con il dipartimento della Funzione Pubblica (Presidenza del Consiglio dei Ministri). In questo contesto ha realizzato 12 video sull'idrogeno pubblicati sul canale YouTube istituzionale ENEAChannel e 37 video-interviste ai colleghi ENEA poi pubblicate sul intranet.

In particolare, sul tema "Idrogeno" il servizio REL-PROM, con gli altri colleghi dell'Unità REL e del dipartimento TERIN, ha realizzato la web-serie «Pillole di Idrogeno», un video promozionale sull'«Hydrogen Demo Valley» del Centro Ricerche Enea Casaccia, e un reportage sulle attività della Hydrogen Summer School.

Per il Progetto di Cittadinanza Organizzativa il servizio audiovisivi REL-PROM ha avuto da PER il compito di realizzare video/interviste riferite al Nudge: «Impatto del Public Servant sul Futuro», per favorire l'incontro tra colleghi ENEA (Public Servant) e possibili beneficiari (Citizens). Il loro scopo è quello di fungere da veri e propri 'riattivatori emozionali' attraverso la condivisione del loro contributo per il benessere della società del presente e del futuro. 37 sono i colleghi che volontariamente hanno aderito al progetto e risposto alle domande per i quali è stata realizzata la video/intervista. I video sono stati proposti nelle lezioni di educazione civica in scuole di vario ordine e grado, oltre che essere pubblicati su intraenea.

Per quanto riguarda gli Eventi, **nel corso del 2022 il Servizio Informazione ed eventi (REL-EVENTI)** ha organizzato oltre 100 eventi, fra convegni a carattere istituzionale, workshop tecnici, kick off meeting, seminari divulgativi e formativi, ed ha coordinato, la partecipazione di colleghi ENEA ad eventi esterni. Inoltre, grazie alla redazione e successiva stipula di un Protocollo di intesa con il CNEL il Servizio ha assicurato ai colleghi la possibilità di usufruire di una location di prestigio messa a disposizione gratuitamente per la realizzazione di eventi ENEA.

REL-EVENTI ha promosso e curato la presenza di ENEA ad importanti Festival divulgativi quali il Festival della Scienza di Roma, di Genova, EDILSOCIALEXPO, SAIE, ed altro, dove ha ideato e sperimentato nuovi format di eventi. REL-EVENTI inoltre ha curato, organizzato, e coordinato la partecipazione dell'ENEA alla Notte Europea dei Ricercatori nell'ambito del Progetto NET, coinvolgendo circa 40 ricercatori.

Sempre nel corso del 2022, il Servizio ha dato seguito alla richiesta della Direzione PER di realizzare la fase 4 del Progetto di Cittadinanza Organizzativa che ha coinvolto REL-EVENTI su due fronti, quello della comunicazione interna e quello più operativo di realizzazione dei seminari.

In particolare sono stati ideati, programmati e realizzati 34 seminari, curandone ogni fase da quella preparatoria a quella post evento. Nel ciclo di seminari, i diversi laboratori/servizi, a turno, hanno presentato il proprio lavoro (risultati preliminari o finali, idee per lavori futuri), e incentivato la



partecipazione di altri/e colleghi/e al fine di trovare spunti di collaborazione tra gruppi. Dai risultati ottenuti si è visto che l'obiettivo di incentivare i cosiddetti Organizational Citizenship Behaviours (OCBs), i "comportamenti di cittadinanza organizzativa", e il sentimento di appartenenza dei/delle colleghi/e all'organizzazione di appartenenza è stato pienamente centrato.

Nel 2022 sono stati concessi circa 100 patrocini; REL-EVENTI ha contribuito alla loro promozione attraverso la relativa sezione del sito ENEA, e ne ha coordinato l'intero iter amministrativo. Incessante è stato il lavoro riguardante l'IntraENEA e la continua risposta all'utenza della piattaforma e-learning.

Per quanto riguarda le attività con le scuole il Servizio ha realizzato varie iniziative tra cui si ricordano il collegamento con i ricercatori della base Concordia in Antartide a favore di circa 1300 studenti delle scuole dell'Emilia Romagna e del Friuli Venezia Giulia, l'evento "Energivoro sarà lei" in diretta streaming per circa 10 classi di liceo e "l'Occhio Spostato: discussione teatrale scientifica sul cambiamento climatico" tenutosi all'Auditorium di Roma il 25.11.2022 alla presenza di oltre 100 studenti. Per i bambini più piccoli sono state organizzate attività laboratoriali di avvicinamento alle stem in collaborazione con l'Istituzione Biblioteche di Roma Capitale. Per permettere l'organizzazione di corsi formativi rivolti ai docenti, REL-EVENTI ha accreditato l'ENEA a poter operare sulla piattaforma Sofia. Infine, è stata completamente rinnovata la pagina del sito dedicata alla didattica che viene quotidianamente aggiornata con news autoprodotte, ed è stata aggiornata/rivista tutta la procedura relativa ai Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento (PCTO) che REL-EVENTI continua a coordinare.

#### **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

I principali interlocutori di REL a livello nazionale sono i media di TV, radio, carta stampata, web e social network oltre a comunicatori, Istituzioni, organizzazioni e associazioni, imprese, pubbliche amministrazioni, enti locali, istituti scolastici e professionali, Università, cittadini. Lo scorso anno sono anche state rafforzate le attività nei confronti e in collaborazione con il mondo della scuola anche con una pagina dedicata ad hoc.

A livello internazionale vi sono interlocuzioni ad esempio con la FAO, la Commissione UE e il Parlamento UE. Nell'anno di riferimento è proseguita la collaborazione con il Parlamento Europeo, Ufficio di Roma, per attività con i media e iniziative nel campo della scuola; attività di networking con la Commissione per la pubblicazione di articoli di Commissari ed altri esponenti istituzionali sulla rivista scientifica ENEA.

#### **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

Le attività prioritarie dell'Unità riguardano la diffusione di informazioni/notizie sulle attività dell'ENEA e la promozione/valorizzazione dell'Agenzia, per rafforzarne il posizionamento, la notorietà, l'immagine. Tutto ciò si incardina nel più ampio obiettivo di favorire l'incontro tra l'offerta (ricerca e tecnologie ENEA) e la domanda (stakeholder, portatori di interesse, potenziali committenti). In questi anni, inoltre, si è registrato un positivo incremento delle richieste dei dipartimenti/direzioni/uffici dell'ENEA di servizi/supporto/collaborazione dell'Unità e della collaborazione diretta con laboratori, ricercatori e tecnologi per iniziative, progetti, realizzazione di siti, la partecipazione a manifestazioni e premi.

Nel corso del 2022 sono proseguite e sono state rafforzate le attività per posizionare l'Agenzia come partner strategico per le imprese che guardano alla crescita e alla competitività attraverso l'innovazione.

La rivista scientifica Energia, Ambiente e Innovazione è stata utilizzata in tal senso come strumento per ampliare il network di interlocutori istituzionali e non, a livello nazionale e all'estero; inoltre sono state trattate tematiche di diretto interesse delle imprese, dove ENEA ha numerosi progetti in corso o la prospettiva di acquisirne altri quali ad esempio i beni culturali e il PNRR. Per quest'ultima tematica è stato realizzato un numero speciale che riprende anche i materiali del corso per giornalisti organizzato da ENEA nel marzo 2022.

## Unità Studi, Analisi e Valutazioni (STAV)

---

**Responsabile: Gilberto Dialuce a.i.**

### FINALITÀ E STRATEGIE

L'Unità Studi, Analisi e Valutazioni (STAV) elabora studi, analisi e valutazioni sui temi dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo economico sostenibile in collaborazione con i Dipartimenti e le Unità tecniche ENEA, nonché con Istituzioni nazionali e internazionali, altri Enti di Ricerca, Università e settore industriale. L'Unità elabora in particolare:

- analisi e valutazioni sul sistema energetico e sulla sua transizione verso un sistema low-carbon;
- studi e valutazioni di tipo tecnico-economico sulle tecnologie applicate e in via di sviluppo negli ambiti energetico e ambientale.

Inoltre, all'interno dell'Agenzia, l'Unità cura la predisposizione dei documenti programmatici, in attuazione delle linee strategiche definite dal Vertice e in collaborazione con i Dipartimenti, le Unità Tecniche e le Direzioni Centrali, e assicura gli adempimenti connessi all'attuazione della disciplina sulla Performance.

### PRINCIPALI RISULTATI RAGGIUNTI NELL'ANNO 2022, CON RIFERIMENTO AGLI OBIETTIVI INDICATI NEL PIANO DELLA PERFORMANCE 2022-2024

L'Obiettivo Specifico dell'Unità - **Consolidare il ruolo ENEA come riferimento per le analisi del sistema energetico nazionale e della sua transizione verso un sistema low-carbon, estendendo il campo di analisi e rafforzando l'attività di ricerca sulle metodologie di simulazione del sistema energetico e di valutazione delle tecnologie energetiche; supportare il Vertice ENEA nella predisposizione dei Documenti programmatici e nella gestione del ciclo della Performance, puntando sul miglioramento della qualità dei prodotti** - discende direttamente dal ruolo assegnatole all'interno dell'Agenzia.

Le principali linee di attività di STAV riguardano:

- l'analisi del sistema energetico nazionale e della sua transizione verso un sistema low-carbon
- l'elaborazione di studi e valutazioni di tipo tecnico-economico sulle prospettive delle tecnologie di mitigazione delle emissioni e dei loro impatti sul sistema produttivo, anche mediante lo sviluppo di modelli del sistema energetico e di scenari di decarbonizzazione
- attività di ricerca nell'ambito di programmi europei, l'accordo di Programma MiTE-ENEA, il Piano triennale della Ricerca di Sistema
- il coordinamento – a supporto del Vertice ENEA - della predisposizione dei Documenti programmatici e della gestione del ciclo della Performance.

### Analisi del sistema energetico

Nell'ambito dell'Unità uno specifico Servizio è dedicato a questa attività (STAV-SISTEN). L'obiettivo del Servizio è produrre analisi dell'evoluzione del sistema energetico e sulla sua transizione verso un sistema low-carbon, tali da contribuire al dibattito pubblico e scientifico sulla transizione energetica con dati e analisi caratterizzate dalla terzietà di un istituto di ricerca pubblico, e consolidando il ruolo dell'ENEA in questo campo. I target fissati per il 2022 sono stati raggiunti e sono state svolte attività di rilievo non previste a inizio anno.

#### *Analisi trimestrale del sistema energetico italiano e attività collegate*

Le analisi sul sistema energetico nazionale hanno come prodotto principale la pubblicazione dell'*Analisi trimestrale del sistema energetico italiano*, che descrive – con cadenza trimestrale - l'andamento delle principali variabili del sistema e cerca di valutare come il sistema energetico italiano sta affrontando la transizione rispetto ai tre obiettivi della decarbonizzazione, della sicurezza energetica e della sua capacità di garantire energia a prezzi competitivi e di supportare la competitività dell'economia. Nel 2022 sono stati pubblicati tre numeri dell'*Analisi trimestrale del sistema energetico italiano*, perché l'evoluzione repentina

e senza precedenti dei mercati dell'energia nell'estate 2022 ha portato a far confluire l'analisi dei dati relativi al II trimestre nel terzo numero dell'anno. Tutti i numeri dell'anno sono stati pubblicati nei tempi ipotizzati (cioè entro 90 giorni dalla fine del trimestre di analisi) e hanno ottenuto il consueto riscontro ottenuto sulla stampa specialistica e non.

Sull'analisi delle dinamiche in atto del sistema energetico nazionale il Servizio si prefigge anche l'obiettivo di un numero minimo di pubblicazioni sulle principali riviste del settore (scientifiche e non). Nel 2022 sono riconducibili a questa attività due articoli (sulla rivista Energia e su rienergia.staffettaonline.com) e il contributo al Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica 2022 dell'ENEA.

Riguardo allo sviluppo di nuove tematiche, si è consolidata l'attività di analisi delle implicazioni della transizione sul sistema economico, con l'analisi della dinamica del commercio estero e dell'evoluzione dei brevetti e delle spese in R&S nelle tecnologie energetiche low-carbon (vedi Focus pubblicato sul numero 1/2022 dell'Analisi trimestrale), cui si è aggiunto un Focus sulla questione delle materie prime critiche (numero 3/2022 dell'Analisi trimestrale), sintesi di un più ampio report ENEA previsto per il 2023.

Un altro obiettivo generale del servizio, che nel 2022 ha fatto un importante passo avanti, è quello di consolidare e rendere trasparenti e accessibili i dati utilizzati per l'elaborazione dell'Analisi trimestrale, a partire da tutti i dati utilizzati per l'elaborazione dell'indice composito ISPRED. Nell'anno è stato completato e presentato il prototipo di piattaforma informatica ET@IT - Energy Transition Analysis Italian Tracker -, sviluppato nell'ambito dell'Accordo di collaborazione con l'Energy Security Transition Lab del Politecnico di Torino. La piattaforma ET@IT, che organizza i dati dell'Analisi trimestrale in un database relazionale rendendoli fruibili in modo informatizzato, è il primo prototipo di uno strumento in grado di soddisfare le esigenze di una moltitudine di attori, portatori di diverse istanze ed esigenze: decisori politici, stakeholder esperti "settoriali", analisti, giornalisti, ricercatori. Dopo un confronto con i vertici ENEA si è deciso di sviluppare ulteriormente la piattaforma, per aggiungere la possibilità di formulare scenari what-if.

#### *Modellazione del sistema energetico e valutazione delle prospettive delle tecnologie di mitigazione*

L'attività di modellazione del sistema energetico e di elaborazione di scenari è finalizzata sia a contribuire alla ricerca sulla transizione energetica sia a fornire un supporto di tipo "science-based" ai decisori politici sul tema della valutazione delle possibili strategie per la transizione energetica. Nel 2022 queste attività hanno ricevuto un impulso rilevante dalla richiesta da parte del Ministro della Transizione Ecologica, Roberto Cingolani, di partecipare a un gruppo di lavoro (comprendente il presidente dell'ENEA, i professori Zollino e Macchi, il giornalista Agnoli e il responsabile del servizio SISTEN), che ha elaborato uno studio sulla "Sfida della transizione energetica giusta e sostenibile. Un esame non ideologico di fonti, tecnologie e scenari per decarbonizzare l'Italia". Lo studio fa da un lato un'analisi di quanto sia sfidante lo scenario FITfor55 elaborato per conto della Commissione Europea (con il modello PRIMES) all'orizzonte 2030; da un altro lato presenta un'analisi originale di alcuni scenari Net Zero per l'Italia al 2050, elaborati con il modello TIMES-Italia sviluppato negli ultimi anni dal Servizio SISTEN, anche in collaborazione con il gruppo MAHTEP (Modeling of Advanced Heat Transfer and Energy Problems, prof.ssa Laura Savoldi) del Politecnico di Torino, con il quale è stato stipulato uno specifico Accordo attuativo.

#### *Attività di ricerca nell'ambito di progetti e programmi*

Il servizio svolge poi attività di ricerca sulle metodologie di modellazione del sistema energetico e di valutazione prospettica delle opzioni di progresso tecnologico, con l'elaborazione di scenari volti ad esplorare fattibilità, costi, efficacia di diverse traiettorie di decarbonizzazione. Questa attività è svolta in collaborazione con altri Dipartimenti ENEA (TERIN e FSN) ed è finalizzata in particolare all'analisi del possibile ruolo di specifiche tecnologie energetiche innovative (fusione, idrogeno, ...) nel futuro sistema energetico.

In particolare, nel 2022 sono iniziate due attività in collaborazione con il dipartimento TERIN: una su "Analisi di sostenibilità ed elaborazione di scenari energetici relativi a processi di produzione di idrogeno" (nell'ambito dell'accordo di Programma MiTE-ENEA, PNRR Investimento 3.5 - Ricerca e Sviluppo sull'Idrogeno) e una su "Integrazione dei sistemi di accumulo nel sistema energetico e analisi di sostenibilità ambientale" (nell'ambito del Piano del triennale della ricerca 22-24). Per entrambi i progetti il contributo di

SISTEN consiste nello sviluppo di un soft-link tra un modello di unit commitment and economic dispatch del sistema elettrico italiano e il modello dell'intero sistema energetico TIMES-Italia, già sviluppato ma di cui si prevede una revisione generale della caratterizzazione di alcune tecnologie chiave.

Con i colleghi del Dipartimento TERIN il servizio SISTEN partecipa anche al Task 41 della IEA sull'idrogeno, cui si prevede di contribuire con il modello TIMES-Italia.

È proseguita anche nel 2022 la partecipazione, in corso da molti anni, al Progetto Socio-Economic Studies (SES) del programma EUROfusion (programma europeo nell'ambito del Consorzio Eurofusion di Euratom di cui è leader, all'interno dell'ENEA, il Dipartimento FSN), nell'ambito del quale il Servizio STAV-SISTEN è stato responsabile del task Energy scenarios 2022. L'attività condotta da SISTEN consiste nell'elaborazione di scenari globali di lungo periodo mediante l'utilizzo di un modello del sistema energetico mondiale basato sul generatore di modelli TIMES, per analizzare il possibile ruolo delle diverse tecnologie energetiche (tra cui la fusione) nella transizione a un sistema energetico low-carbon. I deliverable 2022 di responsabilità diretta di SISTEN, così come anche i previsti contributi ad altri deliverable, sono stati regolarmente consegnati. L'attività prevede inoltre una collaborazione con il JRC della Commissione Europea, finalizzata a combinare gli scenari energetici prodotti dal progetto SES con una più raffinata analisi del sistema elettrico europeo in una prospettiva di elevata penetrazione di fonti intermittenti.

Nel 2022 è iniziata la partecipazione al Progetto COME-RES (Community Energy for the uptake of renewables in the electricity sector. Connecting long-term visions with short-term actions – Horizon 2020), con attività di supporto tecnico scientifico e contributo ai deliverable previsti dal Progetto nell'anno.

Il responsabile di STAV-SISTEN è delegato italiano presso lo Standing Group on Long-Term Co-operation (SLT) dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, il cui scopo è incoraggiare la cooperazione tra i paesi membri dell'AIE in materia di sicurezza energetica, efficienza energetica e sostenibilità ambientale.

Nell'ambito dell'attività di ricerca su metodologie di analisi e simulazione del sistema energetico e di valutazione delle prospettive delle tecnologie di mitigazione delle emissioni, nel 2022 è stato pubblicato un articolo su rivista internazionale peer-reviewed e uno sulla rivista dell'ENEA.

### **Valutazione delle tecnologie energetico e ambientali**

Il Servizio STAV-VALTEC è stato istituito con l'obiettivo di mettere a punto di una metodologia di valutazione delle tecnologie applicate e in via di sviluppo negli ambiti energetico e ambientale, che tenga conto non solo degli aspetti tecnologici ma anche di quelli ambientali, economici e sociali. Le attività hanno subito un rallentamento a seguito del pensionamento del Responsabile del Servizio, avvenuta già nel 2021, e della ridotta numerosità del personale, cui si è cercato di far fronte mediante la collaborazione con ricercatori esterni al Servizio.

Sul tema della transizione energetica è stata portata avanti una attività di studio e ricerca sulle materie prime critiche, in collaborazione con il servizio STAV/SISTEN e con ricercatori ENEA dei dipartimenti. E' in fase di ultimazione (nel 2023) una monografia Enea che si propone come rassegna ragionata di alcuni tra i principali aspetti della questione: partendo la rassegna affronta le diverse metodologie e criteri che sono adottati dalle principali agenzie internazionali per individuare le CRM (Critical Raw Material), il problema della concentrazione geografica in alcune aree del pianeta, la revisione di una nuova politica europea industriale, la situazione dell'Italia che, non disponendo di risorse minerarie accertate, è fortemente dipendente dalle importazioni e dalle fluttuazioni di un contesto internazionale particolarmente incerto.

Il Progetto Smart Working x Smart Cities è stato ideato all'interno dell'Unità con l'obiettivo di mettere a punto una metodologia per la valutazione del contributo che il ricorso strutturato a modalità flessibili di organizzazione del lavoro può fornire alla sostenibilità urbana. Nel 2022 è stato ultimato e pubblicato il volume "Smart Working. Prospettive di cambiamento per la sostenibilità urbana", anche in questo caso frutto di una collaborazione con il servizio STAV/SISTEN e con ricercatori ENEA dei dipartimenti. Il volume riporta gli esiti dell'indagine sullo SW nella Pubblica Amministrazione, con un focus sulla domanda di mobilità di alcuni lavoratori e lavoratrici che hanno sperimentato il telelavoro e lavoro agile. L'analisi si focalizza sui dati di quattro diversi contesti territoriali, messi a confronto per indagare le interconnessioni

complesse che operano, all'interno di una comunità, fra individui, gruppi, aziende e istituzioni. Un articolo sul tema è stato sottoposto alla rivista Applied Sciences a dicembre 2022 e pubblicato nel 2023.

Sempre su questo tema sono state svolte attività di analisi nell'ambito della convenzione tra Banca d'Italia e Enea. La convenzione si incentra sulla messa a punto di "strumenti per stimare la variazione di emissioni e di consumi conseguente all'adozione di un'organizzazione flessibile del lavoro". Le attività riguardano lo studio e la realizzazione di un questionario di rilevazione che sarà sottoposto ai dipendenti della Banca. Tra le attività preparatorie inoltre è stata organizzata una selezione, per una borsa di studio, con il compito di portare avanti attività di ricerca afferenti il progetto.

Nel 2022 è stato condotto l'aggiornamento del volume ENEA edito nel 2021 "Il sistema elettrico italiano: a che punto siamo sulla strada della transizione verso la sostenibilità?" sul grado di sostenibilità, in termini di economia circolare, delle imprese elettriche italiane. Il lavoro si propone di seguire nel tempo la transizione energetica delle aziende elettriche verso gli obiettivi di sostenibilità, a partire dall'analisi dei bilanci annuali di sostenibilità pubblicati dai 12 maggiori produttori di energia in Italia, secondo la classifica stilata da ARERA nella sua relazione annuale sullo Stato dei Servizi 2020. L'analisi si basa su 56 indicatori diversi utilizzati per il reporting aziendale sulla sostenibilità. Il nuovo volume dovrebbe essere pubblicato a marzo 2023.

Infine, il Servizio ha terminato uno studio approfondito sulle esperienze fatte e sui differenti percorsi intrapresi da Paesi e istituzioni che hanno già affrontato il tema del Technology Assessment ai fini delle decisioni di policy nonché degli sviluppi in corso nel campo. L'approfondimento dello stato dell'arte e la produzione di un documento di analisi si è di fatto rivelato uno step essenziale per l'individuazione della metodologia. Si è inoltre perfezionata una ipotesi di griglia di dati e informazioni da raccogliere con l'obiettivo di costruire un sistema informativo completo che presenti in modo efficace e trasparente anche tutte le implicazioni sociali, ambientali ed economiche dei progetti tecnologici ed evidenzi le possibili conseguenze di ogni opzione al fine di evitare, o limitare, costi sociali e ambientali. I due rapporti previsti su tali temi, di cui si era ipotizzata la pubblicazione entro la fine del 2021, sono in fase di stesura finale.

### **Documenti programmatici e ciclo della Performance**

STAV assicura supporto al Vertice ENEA nell'azione di indirizzo e coordinamento delle attività che riguardano la predisposizione dei Documenti programmatici e la gestione del ciclo della Performance.

Su queste attività sono stati impegnati anche nel 2022 il Responsabile a.i. STAV nonché il Servizio STAV-DOCPRO, che hanno operato puntando al continuo miglioramento della qualità dei prodotti sulla base di un approfondimento continuo delle norme (in autonomia e/o nell'ambito di Laboratori del Dipartimento della Funzione Pubblica o all'interno di Comitati e Gruppi di lavoro con altri Enti di Ricerca, che consentono un proficuo scambio di idee ed esperienze) e una costante ottimizzazione dei meccanismi di condivisione e collaborazione con le altre Strutture ENEA.

Nel corso del 2022 sono state portate a termine tutte le attività previste e predisposti i seguenti documenti:

1. PIAO 2022-2024, comprensivo del Piano della Performance
2. Piano degli indicatori e dei risultati attesi di Bilancio (Allegato 5 al Conto consuntivo per l'esercizio finanziario 2021)
3. Relazione sulla performance 2021
4. Programmi di attività e principali obiettivi della struttura tecnico-scientifica (Allegato 4 al Bilancio di previsione per l'esercizio finanziario 2023)
5. Piano Triennale di Attività 2023-2025.

Per tutti i documenti sopra elencati STAV ha assicurato: la definizione dell'impostazione (sulla base delle norme e delle indicazioni dei soggetti e degli Organi preposti – MASE, ANVUR, CTS, DFP, OIV ecc.), dell'indice, del piano di lavoro e del format di raccolta dei contributi; supporto alle Strutture ENEA mediante la fornitura della documentazione di partenza e di indicazioni operative, nonché di chiarimenti e suggerimenti; il coordinamento della raccolta dei contributi e la loro revisione; la stesura di contenuti di carattere generale; l'elaborazione di una proposta da sottoporre al Vertice ENEA.

Sempre nell'ambito delle attività relative alla performance, STAV e STAV-DOCPRO hanno continuato a rappresentare l'ENEA nell'ambito dei Tavoli Tecnici sulla Valutazione istituiti dalla Conferenza dei Presidenti degli Enti di Ricerca e dall'ANVUR.

L'Unità STAV ha inoltre continuato a predisporre nel corso del 2022 Report quadrimestrali contenenti notizie e documenti su attività, progetti, risultati, accordi, utili nella stesura dei Documenti Programmatici, realizzati attraverso il monitoraggio dei siti web ENEA anche ai fini della rielaborazione e diffusione all'interno dell'Unità.

### **PRINCIPALI INTERLOCUTORI (NAZIONALI E INTERNAZIONALI) COINVOLTI NELLE ATTIVITÀ**

L'Unità STAV conduce le sue attività in collaborazione con i Dipartimenti e le Unità tecniche ENEA, nonché con Istituzioni nazionali e internazionali, altri Enti di Ricerca, Università e operatori del settore industriale. I risultati degli studi prodotti dall'Unità sono d'interesse per un ampio spettro di operatori del settore che va dai decisori politici (PA centrale e locale, Istituzioni nazionali e internazionali) al mondo della ricerca (Università, Enti nazionali e internazionali, singoli ricercatori) e, in misura minore, al mondo industriale.

I documenti programmatici ENEA, per la cui predisposizione l'Unità svolge un'azione di coordinamento, a supporto degli Organi di Vertice dell'Agenzia, sono indirizzati non solo alle Istituzioni di riferimento (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Dipartimento della Funzione Pubblica), ma anche all'intera società civile, fino ai singoli cittadini, avendo essi l'obiettivo di delineare meglio e potenziare l'immagine dell'ENEA all'interno del panorama nazionale degli enti di ricerca.

### **RICADUTE ECONOMICHE E TECNOLOGICHE SUL SISTEMA INDUSTRIALE**

Le ricadute economiche e tecnologiche delle attività di STAV sul sistema industriale sono indirette e di difficile quantificazione. Come già detto, i risultati degli studi prodotti dall'Unità sono d'interesse soprattutto per i decisori politici (PA centrale e locale, Istituzioni nazionali e internazionali), per il mondo della ricerca e per la più generale comunità di stakeholder facenti parte o interessati al funzionamento del sistema energetico.

L'attività di elaborazione e di pubblicazione di studi e analisi del sistema energetico da parte di un soggetto terzo e qualificato, come ENEA, è in ogni caso di interesse pubblico e costituisce un parametro degli indicatori di valore pubblico generato dalla attività dell'Agenzia in termini di ricadute sul sistema sociale ed economico, oltre a quello della diffusione della informazione qualificata dello stato del sistema energetico italiano e delle sue prospettive di evoluzione.

**Tabella 1. Programma: Fusione, tecnologie per la sicurezza (FSN)**

1.1 Programma: Fusione, tecnologie per la sicurezza nucleare (FSN) (1)

| Indicatore                                      | Dati di Previsione 2022  | Dati di Consuntivo 2022 | Δ          | analisi scostamenti |   |
|---|--|-------------------------|------------|---------------------|---|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 2,63                    | 2,61       | 0,02                | Il valore è in decremento per il combinato disposto di due effetti:<br>a) il primo relativo al decremento del costo del personale legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale .<br>b) il secondo relativo al decremento delle entrate attribuito prevalentemente alla mancata rilevazione della quota di competenza 2022 dei programmi Horizon Europe rispetto alla previsione. |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 48.323.446              | 43.333.443 | 4.990.003           | La riduzione è conseguente alle minori spese di personale come sopra esplicitato e al decremento delle spese per attività tecniche. Si riportano le variazioni più significative: differimento delle gare nell'ambito delle Breeding Blanket (WP-BB) e Balance of Plant (WP-BOP) del progetto Eurofusion causate da un ritardo nello sviluppo delle attività relative all'anno 2022 . A questi vanno aggiunti i contratti non ancora stipulati nell'ambito della Convenzione tra ENEA e Regione Emilia-Romagna per il progetto Sorgentina; spese non ancora effettuate nell'ambito della Convenzione ENEA-MISE a causa di una proroga richiesta ed ottenuta ad oltre metà anno 2022 nella Convenzione stessa data l'emergenza sanitaria.  |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 1,22                    | 1,31       | 0,09                | Il valore dello scostamento è conseguenza prevalente di un minor decremento delle spese rispetto alle entrate per il rinvio di alcuni progetti in ambito europeo legati al programma Eurofusion e ai programmi Horizon.   |
| 4A) Valorizzazione spese per Investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,50                    | 0,46       | 0,04                | Relativamente agli Impianti di ricerca, si registrano minori spese attribuite al ritardo dell'Upgrade dell'impianto TRIGA oltre a quelle afferenti i progetti slittati all'esercizio successivo.  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 6.290.267               | -1.286.979 | 7.577.245           | Si evidenzia che al netto degli avanzi di amministrazione, l'indicatore dato dalla differenza fra entrate e spese dell'esercizio mostra un decremento minore del margine conseguito, pari a 0,67 milioni di euro, tuttavia la presenza di un avanzo di amministrazione finale non presente in fase di previsione determina una riduzione dell'indicatore. Su tale parametro ha influito il ritardo dell'accertamento del progetto Eurofusion per l'annualità 2022 oltre ad altri progetti in ambito europeo che sono slittati all'esercizio successivo.   |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,59                    | 0,50       | 0,09                | Il decremento è attribuito alle minori entrate sui programmi europei tra i quali EuroFusion e Horizon.  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 93.768                  | 82.055     | 11.713              | Relativamente ai compensi relativi alle attività commerciali si nota una leggera diminuzione delle entrate rispetto al previsto inerente allo slittamento temporale del saldo relativo al progetto ATHENA   |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,03                    | 0,04       | 0,01                |   |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,33                    | 0,30       | 0,03                |   |

(1) Non comprende le attività del Progetto DTT ed i Fondi di rotazione di cui ex legge 183/87

1.1 Programma: Fusione, tecnologie per la sicurezza nucleare (FSN) (1) (2)

|   | Indicatore   | Dati di Previsione 2022 | Dati di Consuntivo 2022 | Δ           | analisi scostamenti   |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-------------|---|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 0,21                    | 0,19-                   | 0,03        | Le entrate relative al progetto DTT in sede di previsione sono state pressocchè confermate a consuntivo. Nello specifico le entrate si riferiscono all'erogazione della prima tranche del prestito BEI e ai saldi sui contributi dovuti dall' ex MITE e dalla Regione Lazio.  |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 161.708.967             | 57.312.667-             | 104.396.301 | Il decremento è prevalentemente legato alle spese per il progetto DTT, si rilevano minori costi sostenuti rispetto al valore stimato in sede di bilancio di previsione legati prevalentemente agli avvenimenti interscorsi nell'esercizio 2022 estranei alla gestione che hanno determinato la necessità di rinviare alcune forniture ed appalti al 2023.   |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 0,84                    | 0,19-                   | 0,65        | La variazione è legata ad un ritardo nella realizzazione del progetto DTT.  |
| 4A) Valorizzazione spese per Investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,93                    | 0,66-                   | 0,27        | Le spese previste per la realizzazione dell'impianto sono ridotte a seguito degli avvenimenti interscorsi nell'esercizio 2022 estranei alla gestione che hanno determinato la necessità di rinviare alcune forniture ed appalti al 2023.  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 35.637.836              | 28.060.591-             | 7.577.245   | Si evidenzia che al netto degli avanzi di amministrazione, l'indicatore dato dalla differenza fra entrate e spese dell'esercizio mostra un incremento notevole del margine conseguito, pari a 99,9 milioni di euro. Nella differenza, tuttavia, sono comprese le risorse provenienti dal prestito BEI le quali sono confluite per la parte non spesa nell'avanzo vincolato al progetto medesimo. Inoltre la presenza di un avanzo di amministrazione finale non presente in fase di previsione determina una riduzione dell'indicatore. |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,05                    | 0,04-                   | 0,01        | Il decremento è attribuito alle minori entrate sui programmi europei tra i quali EuroFusion e Horizon.  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 93.768                  | 82.055-                 | 11.713      | Relativamente ai compensi relativi alle attività commerciali si nota una leggera diminuzione delle entrate rispetto al previsto inerente allo slittamento temporale del saldo relativo al progetto ATHENA   |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,03                    | 0,04                    | 0,01        |   |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,39                    | 0,14-                   | 0,25        |   |

(1) Il programma FSN è comprensivo delle attività del Progetto DTT. Nello specifico:

• Bilancio di Previsione 2022:

Entrate previste di 110.000.000 euro di cui 10.000.000 euro dal MISE/MITE e 100.000.000 euro quale entrata prestito BEI. Spese per la costruzione pari a 111.605.316 euro e interessi passivi sul prestito BEI pari a 1.780.206 euro.

• Conto Consuntivo 2022:

Entrate conseguite di 111.250.000 euro di cui 10.000.000 euro del MISE/MIGE, 1.250.000 euro dalla Regione Lazio e 100.000.000 euro quale entrata del Prestito BEI. La spesa per la costruzione pari a 12.199.019 euro e interessi passivi sul prestito BEI pari a 1.780.206 euro.

(2) Valori comprensivi del Fondo di rotazione di cui ex legge 183/87 di euro 31.127.775.



**Tabella 2. Programma: Tecnologie energetiche e fonti rinnovabili (TERIN)**

1.2 Programma: Tecnologie energetiche e fonti rinnovabili (TERIN)

| Indicatore                                      | Dati di Previsione 2022  | Dati di Consuntivo 2022 | Δ            | analisi scostamenti  |
|---|--|-------------------------|--------------|--|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate<br>1,03   | 1,93                    | 0,90         | Il decremento delle spese di personale dovuto alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over, alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione e allo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale, risulta inferiore al decremento subito dalle entrate. Le minori entrate sono legate prevalentemente al rinvio dei progetti quali il piano triennale 2022-2024 della Ricerca di Sistema Elettrico, il progetto Mission Innovation, il progetto IPCEI EuBatin batterie 2 e IPCEI EuBatin ENLE X |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali<br>53.573.371   | 39.462.747              | - 14.110.624 | Il decremento è dovuto ai minori costi di personale e alle minori realizzazioni delle entrate conseguenti prevalentemente ai progetti/programmi sopra citati che ha determinato una minore spesa per le attività di ricerca.   |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate<br>0,68  | 0,67                    | - 0,01       |  |
| 4A) Valorizzazione spese per Investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)<br>0,60  | 0,39                    | - 0,20       | La riduzione è attribuita prevalentemente alla "complessità" nell'espletamento degli appalti integrati e alle difficoltà/criticità riscontrate in termini di disponibilità sul mercato di materiali ed attrezzature necessari alla realizzazione delle infrastrutture ("Hydrogen Demo Valley").  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n)<br>14.109.790 | 4.408.665               | - 18.518.455 | Si evidenzia che al netto degli avanzi di amministrazione, l'indicatore dato dalla differenza fra entrate e spese dell'esercizio mostra un decremento minore del margine conseguito, pari a 5,2 milioni di euro, tuttavia la presenza di un avanzo di amministrazione finale non presente in fase di previsione determina una riduzione dell'indicatore. Su tale parametro ha influito il ritardo dell'accertamento del progetto Eurofusion per l'annualità 2022 oltre ad altri progetti in ambito europeo che sono slittati all'esercizio successivo.   |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate<br>0,04   | 0,17                    | 0,12         | I "Programmi europei ed internazionali" a consuntivo risultano maggiori rispetto a quelli riportati in previsione in quanto nel corso del 2022 sono stati acquisiti progetti per i quali nel momento della predisposizione del Bilancio di Previsione non sussistevano adeguati presupposti formali  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi<br>62.466  | 26.717                  | - 35.749     | A consuntivo, c'è una diminuzione rispetto alla previsione idovuta a proroghe di contratti in corso e alla posticipazione di alcune attività.  |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale<br>0,01   | 0,01                    | 0,00         |  |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio<br>0,21  | 0,15                    | -0,05        |  |

**Tabella 3. Programma: Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali (SSPT)**

1.3 Programma: Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali (SSPT)

| Indicatore                                      | Dati di Previsione 2022  | Dati di Consuntivo 2022 | Δ          | analisi scostamenti |  |
|---|--|-------------------------|------------|---------------------|--|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 2,58                    | 2,69       | 0,11                | Il decremento subito dalla riduzione del costo del personale è inferiore al decremento riportato nel valore delle entrate. In riferimento alle spese di personale esso è legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale. Invece i principali scostamenti delle entrate rispetto al dato di previsione sono riconducibili al ritardo nell'avvio di alcuni progetti finanziati in ambito PNRR di cui l'Enea è capofila quali MIRRI, ONFOODS, AGRITECH, CN-HPC, PE3 RETURN oltre alle attività legate ai finanziamenti IPCEI Eubatin, Mission Innovation e Reach. A tutto ciò si aggiunge la mancata rilevazione dell'entrata riferita al nuovo piano di Ricerca di Sistema Elettrico a seguito di ritardi nella formalizzazione del piano stesso. |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 43.912.627              | 38.749.564 | - 5.163.064         | Il decremento è legato alla minore spesa di personale e alle minori spese per attività progettuali soprattutto riferite alle manutenzioni, dovuti allo slittamento sull'avvio delle attività del progetto IPCEI BATTERIE e materiali per la ricerca, per dell'avvio di alcuni progetti (Mission Innovation, IPCEI Batterie, Atto Esecutivo CUBA)   |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 0,65                    | 0,55       | - 0,10              |  |
| 4A) Valorizzazione spese per investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,31                    | 0,36       | 0,05                | Lo scostamento è attribuito alla minore incidenza delle spese correnti rispetto alle spese totali in conto capitale a seguito del ritardo nell'avvio di progetti   |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 8.028.378               | 3.953.639  | - 4.074.739         | Si evidenzia che al netto degli avanzi di amministrazione, l'indicatore dato dalla differenza fra entrate e spese dell'esercizio mostra un incremento del margine conseguito, pari a 0,61 milioni di euro, tuttavia la presenza di un avanzo di amministrazione finale non presente in fase di previsione determina una riduzione dell'indicatore. Su tale parametro ha influito il ritardo dell'accertamento dei progetti legati alle nuove linee di attività che sono slittati all'esercizio successivo.   |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,19                    | 0,32       | 0,13                | Rispetto alla previsione originaria si sono realizzati una serie di progetti in ambito Horizon Europe non previsti inizialmente quali, REPRODIVAC 306 migliaia di euro, in cui l'ENEA è passata da partner a Capofila, PROMEDLIFE e AGROSERV   |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 168.686                 | 52.816     | - 115.870           | Lo scostamento con la previsione assestata è attribuito prevalentemente alla convenzione ENEA con ex MISE sull'economia circolare in quanto le attività 2022 saranno oggetto di rendicontazione sul nuovo esercizio.   |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,03                    | 0,03       | 0,00                |  |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,31                    | 0,27       | - 0,04              |  |

**Tabella 4. Programma: Efficienza energetica (DUEE)**

| 1.4 Programma: Efficienza energetica (DUEE)     |  |                         |            |                     |  |
|---|--|-------------------------|------------|---------------------|--|
| Indicatore                                      | Dati di Previsione 2022  | Dati di Consuntivo 2022 | Δ          | analisi scostamenti |  |
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 0,96                    | 1,98       | 1,02                | Il valore è conseguenza del combinato disposto di due effetti:<br>a) il primo relativo al decremento del costo del personale legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.11 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale.<br>b) il secondo relativo al maggior decremento delle entrate attribuito prevalentemente alla mancata rilevazione delle entrate relative il Piano Triennale 2022-2024 della Ricerca del Sistema Elettrico, alla mancata formalizzazione della convenzione con il MITE relativa allo Sviluppo del portale nazionale per l'Efficienza Energetica degli Edifici che determina uno scostamento di 1 milione di euro rispetto alla previsione, alle minori entrate sul Programma dei controlli svolti da ENEA per la fruizione delle detrazioni fiscali cd. Superbonus. Il programma è in corso di svolgimento e nel 2022 è stato possibile accertare unicamente l'anticipo del 15% del compenso previsto |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 14.418.058              | 12.223.116 | - 2.194.942         | La diminuzione del Valore del programma tra consuntivo e previsionale è dovuta alla diminuzione sia del costo del personale, come sopra indicato, sia delle spese dirette totali.  |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 0,23                    | 0,56       | 0,33                | L'indicatore relativo all'equilibrio finanziario è leggermente maggiore rispetto alla previsione, tuttavia l'incremento è riferito alle minori entrate conseguite rispetto a quelle previste, come sopra riportato.  |
| 4A) Valorizzazione spese per Investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,14                    | 0,09       | - 0,05              |  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 10.288.751              | 643.724    | - 9.645.027         | Si evidenzia che al netto degli avanzi di amministrazione, l'indicatore dato dalla differenza fra entrate e spese dell'esercizio mostra un decremento minore del margine conseguito, pari a 7,2 milioni di euro, tuttavia la presenza di un avanzo di amministrazione finale non presente in fase di previsione determina una riduzione dell'indicatore. Su tale parametro ha influito il ritardo dell'accertamento del progetto Eurofusion per l'annualità 2022 oltre ad altri progetti in ambito europeo che sono slittati all'esercizio successivo.   |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,01                    | 0,07       | 0,06                |  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 10.435                  | 6.594      | - 3.841             | S evidenzia che lo scostamento di valori intervenuto fra consuntivo e previsione è riconducibile essenzialmente al rinvio al nuovo esercizio delle attività previste.  |
| 9A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,00                    | 0,02       | 0,02                |  |
| 10A) Avanzamento programma                      | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,31                    | 0,26       | - 0,05              |  |

**Tabella 5. Programma: Istituto di Radioprotezione (IRP)**

| 1.5 Programma: Istituto di Radioprotezione (IRP) |  |                         |           |                     |           |   |
|--|--|-------------------------|-----------|---------------------|-----------|---|
| Indicatore                                       | Dati di Previsione 2022  | Dati di Consuntivo 2022 | Δ         | analisi scostamenti |           |   |
| 1A) Incidenza spese di personale                 | Costo del personale/Valore delle entrate   | 2,60                    | 2,30      | -                   | 0,30      | Scostamento non rilevante. Il decremento è riconducibile al del costo del personale legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale. Le entrate sono invece in linea con quanto previsto. |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)          | Costo del personale+Spese dirette totali   | 4.703.660               | 3.680.011 | -                   | 1.023.649 | Alla minore spesa di personale si aggiunge il decremento delle spese per attività di ricerca che si riducono significativamente rispetto a quelle di previsione, in seguito al differimento di investimenti straordinari per la realizzazione di nuovi laboratori per la sorveglianza ambientale nel CR Casaccia.   |
| 3A) Equilibrio finanziario                       | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 0,88                    | 0,41      | -                   | 0,48      | Lo scostamento negativo, fermo restando il dato riferito alle entrate che trova conferma con i valori di consuntivo è attribuito alle minori spese per attività di ricerca.   |
| 4A) Valorizzazione spese per investimenti        | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,52                    | 0,52      | -                   | 0,00      |   |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)            | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 281.332                 | 768.749   |                     | 487.416   | Il contributo IRP al bilancio ENEA attraverso i margini finanziari è stato migliore del previsto: i margini sono stati superiori di quanto atteso per effetto delle minori spese sostenute (vedi ragioni sopra).  |
| 6A) Internazionalizzazione attività              | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,00                    | 0,00      |                     | 0,00      |   |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro)  | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 108.800                 | 123.081   |                     | 14.281    | Incremento attribuito alle maggiori entrate per servizi tecnico scientifici.  |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori           | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,00                    | 0,00      |                     | 0,00      |   |
| 9A) Avanzamento programma                        | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,33                    | 0,26      |                     | -0,07     |   |

**Tabella 6. Programma: Unità Tecnica Antartide (UTA)**

| 1.6 Programma: Unità Tecnica Antartide (UTA)    |  |                         |            |                     |           |  |
|---|--|-------------------------|------------|---------------------|-----------|--|
| Indicatore                                      | Dati di Previsione 2022  | Dati di Consuntivo 2022 | Δ          | analisi scostamenti |           |  |
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 0,15                    | 0,12       | -                   | 0,02      | Il decremento è relativo al minor costo del personale legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale.                           |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 24.937.755              | 16.434.813 | -                   | 8.502.942 | A seguito del ritardo nell'erogazione del contributo sulle asseverazioni presentate sono state, per quanto possibile, posticipate al 2023 tutte le spese relative al progetto avio-pista. Per il PEA 2021 e per il PEA 2022 sono stati rimodulati, in corso di assestamento di bilancio, gli impegni relativi alle spese di personale e quelli concernenti il noleggio di mezzi di trasporto speciali, tra l'anno finanziario 2022 e 2023 in considerazione dell'effettiva competenza e in considerazione del fatto che l'accertamento dell'entrata relativa all'anticipo sul PEA 2022 è stato effettuato a dicembre 2022. |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 1,14                    | 0,63       | -                   | 0,51      | Il decremento è riferito alla maggiori entrate realizzate rispetto a quelle previste a seguito, soprattutto, dell'accertamento a fine 2022 dell'anticipo sul PEA 2022 pari all'80% della spesa autorizzata di euro 17.150.000,00 per un totale di 13.720.000,00 euro. Nelle previsioni quota parte dell'accertamento era stato ipotizzato nell'annualità successiva (2023) a quella di avvio della spedizione, in analogia con quanto accaduto in passato per altri PEA.   |
| 4A) Valorizzazione spese per investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,09                    | 0,03       | -                   | 0,05      |  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 800.000                 | 1.091.952  |                     | 291.952   | Il Margine finanziario presenta uno scostamento positivo rispetto alle previsioni a seguito del maggiore anticipo erogato sul PEA 2022.  |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,03                    | 0,00       | -                   | 0,03      |  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 0,00                    | 0,00       |                     | 0,00      |  |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,00                    | 0,00       |                     | 0,00      |  |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,38                    | 0,25       | -                   | 0,13      |  |

**Tabella 7. Programma: Innovazione e trasferimento tecnologico (ISV, REL, STAV)**

➤ ISV

1.7 Programma: Innovazione & Sviluppo (ISV)

| Indicatore                                      |  | Dati di Previsione 2022 | Dati di Consuntivo 2022 | Δ           | analisi scostamenti  |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-------------|--|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 8,25                    | 7,11                    | - 1,14      | Il decremento è riferito al minor costo del personale legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale. Le entrate, invece sono sostanzialmente in linea con la previsione. |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 7.009.334               | 5.007.768               | - 2.001.565 | Oltre a quanto sopra esposto si rilevano minori spese inventariali e di consumo in quanto le attività legate a finanziamenti per progetti nell'ambito del PNRR non sono state avviate nel 2022   |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 1,08                    | 0,70                    | - 0,37      | Il decremento è legato alle minori spese sostenute rispetto a quelle previste per i motivi sopra esposti.  |
| 4A) Valorizzazione spese per investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,03                    | 0,01                    | - 0,02      | Vi è stata una contrazione sia delle spese conto capitali per le suddette motivazioni  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | 135.937                 | 320.897                 | 184.960     |  |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0,82                    | 0,77                    | - 0,05      |  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 0,00                    | 0,00                    | 0,00        |  |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0,03                    | 0,01                    | - 0,02      |  |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,32                    | 0,23                    | - 0,09      |  |

➤ REL

1.8 Programma: Programmi di Promozione e comunicazione (REL)

| Indicatore                                      |  | Dati di Previsione 2022 | Dati di Consuntivo 2022 | Δ         | analisi scostamenti   |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-----------|---|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | 57,74                   | 949,43                  | 891,70    | L'incremento dello scostamento è legato: da una parte alle minori entrate conseguite rispetto a quelle preventivate, di queste si riportano gli scostamenti prevalenti riferiti al progetto EsPa per il quale a consuntivo non sono state rilevate entrate. Infatti, nonostante le rendicontazioni presentate, i ritardi nei pagamenti da parte del Ministero hanno generato rallentamenti sull'avanzamento del progetto. Invece, in riferimento alle attività tariffate della piattaforma ENEA e-learn, si riporta un incremento delle attività rispetto a quanto previsto; dall'altra al minor costo del personale a seguito del mancato turn-over, dello slittamento al 2023 circa l'erogazione delle competenze arretrate e mancato conseguimento delle progressioni legate al personale. |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 2.240.623               | 1.959.816               | - 280.807 | Alle minori spese di personale si sono aggiunte le minori spese totali quale diretta conseguenza delle minori attività espletate  |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | 12,86                   | 163,11                  | 150,26    |   |
| 4A) Valorizzazione spese per investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,09                    | 0,06                    | - 0,03    |   |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | n/a                     | n/a                     | n/a       |   |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | 0                       | 0                       | 0         |   |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 50,00                   | 76,21                   | 26,21     |   |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0                       | 0                       | 0         |   |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,31                    | 0,28                    | - 0,04    |   |

➤ STAV

1.9 Programma: Programmi di Studi e Strategie (STAV)

| Indicatore                                      |  | Dati di Previsione 2022 | Dati di Consuntivo 2022 | Δ         | analisi scostamenti  |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-----------|--|
| 1A) Incidenza spese di personale                | Costo del personale/Valore delle entrate   | n/a                     | n/a                     | n/a       |  |
| 2A) Valore del programma (dati in euro)         | Costo del personale+Spese dirette totali   | 1.660.871               | 1.175.838               | - 485.032 | Lo scostamento è dovuto al decremento del costo del personale legato da una parte alla diversa programmazione delle assunzioni conseguite che ha determinato una minore attuazione del turn-over oltre alla mancata conclusione e applicazione delle procedure di sviluppo professionale (art.li 15,53,54) che ha generato un minor costo rispetto alla previsione. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale. |
| 3A) Equilibrio finanziario                      | Valore delle uscite (Spese dirette totali)/Valore delle entrate  | n/a                     | n/a                     | n/a       |  |
| 4A) Valorizzazione spese per Investimenti       | Spese in conto capitale/Spese dirette totali (correnti + in c/capitale)  | 0,68                    | 0,97                    | 0,29      |  |
| 5A) Margini finanziari (dati in euro)           | Valore delle entrate connesse a programmi di ricerca e servizi resi (accertamenti + avanzo di amministrazione anno n-1) - Spese finalizzate alla realizzazione degli stessi programmi/servizi (Impegni+ avanzo amministrazione anno n) | n/a                     | n/a                     | n/a       |  |
| 6A) Internazionalizzazione attività             | Valore delle entrate per programmi internazionali/Valore delle entrate   | n/a                     | n/a                     | n/a       |  |
| 7A) Incentivazione del personale (dati in euro) | Risorse accertate sul fondo conto terzi  | 0                       | 0                       | 0         |  |
| 8A) Valorizzazione giovani ricercatori          | Spese per il ricorso al lavoro flessibile/Spese di personale   | 0                       | 0                       | 0         |  |
| 9A) Avanzamento programma                       | Spese dell'anno + costo del personale/Spese del triennio + costo del personale del triennio  | 0,32                    | 0,23                    | -0,09     |  |



**Tabella 8. Programmi delle Strutture di amministrazione, supporto e coordinamento**

| Programmi delle Strutture di amministrazione, supporto e coordinamento       |   |  |  |  |                               |  |  |
|--|---|--|--|--|-------------------------------|--|--|
| Struttura organizzativa  | Indicatori da dati di Previsione  |  | Indicatori da dati di Consuntivo   |  | Deviazione Costo del servizio | Deviazione Incidenza del Costo del servizio/costi totali amministrativo gestionali | Commenti eventuali servizio  |
|  | Costo del servizio (personale + spese di funzionamento della struttura + altre spese riconducibili alla struttura) dati in migliaia di Euro | Incidenza del Costo del servizio/costi totali amministrativo gestionali (valori percentuali) | Costo del servizio (personale + spese di funzionamento della struttura) dati in migliaia di Euro | Incidenza del Costo del servizio/costi totali amministrativo gestionali (valori percentuali) |                               |  |  |
| Direzione board dei direttori (BOARD)  | 125.921   | 0,16%  | 118.384  | 0,14%  | - 7.536                       | -0,02%   | il decremento è riferito prevalentemente alle minori spese di personale rispetto a quelle previste quale differenza tra personale cessato e quello assunto e alla mancata conclusione e applicazione dell'art.li 15, 53 e 54 per le progressioni contrattuali. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale |
| Presidenza/Direzione (DIR)   | 310.000   | 0,39%  | 9.708.962 (2)  | 11,48%   | 9.398.962                     | 11,09%   |  |
| Organo Centrale di sicurezza (OCS)   | 253.831   | 0,32%  | 165.893  | 0,20%  | - 87.937                      | -0,12%   |  |
| Ufficio degli Organi di Vertice (UVER)                                       | 8.289.908 (1)   | 10,36%   | 1.535.759  | 1,82%  | - 6.754.149                   | -8,55%   |  |
| Direzione Amministrazione (AMC)  | 10.472.462  | 13,09%   | 11.064.995   | 13,08%   | 592.533                       | -0,01%   | L'incremento del costo del servizio è riferito prevalentemente alle maggiori imposte dovute sugli interessi relativi alla liquidazione delle ex polizze INA.   |
| Direzione Affari Legali, Prevenzione della Corruzione e Trasparenza (LEGALT) | 1.998.374   | 2,50%  | 2.414.119  | 2,85%  | 415.745                       | 0,36%  | L'incremento è attribuito agli oneri relativi al risarcimento danni erogati a seguito dell'Ordinanza del Tribunale Ordinario di Roma Sezione III <sup>o</sup> Civile procedimento esecutivo n° 163 18/2020 R.G.E. del 12/01/2022 per la vertenza De Cori-Brignocchi;   |
| Direzione Personale (PER)  | 4.537.510   | 5,67%  | 3.806.221  | 4,50%  | - 731.289                     | -1,17%   | Il decremento è riferito prevalentemente alle minori spese di personale rispetto a quelle previste quale differenza tra personale cessato e quello assunto e alla mancata conclusione e applicazione dell'art.li 15, 53 e 54 per le progressioni contrattuali. A tutto ciò si aggiunge lo slittamento all'esercizio 2023 della corresponsione delle competenze arretrate a titolo di contrattazione integrativa e rinnovo contrattuale che ha contribuito al contenimento della spesa di personale |
| Direzione Infrastrutture e Servizi (ISER)                                    | 53.997.608  | 67,51%   | 55.760.707   | 65,93%   | 1.763.098                     | -1,58%   | L'incremento di spesa è attribuito, in considerazione dei nuovi scenari politici internazionali determinati dal conflitto russo-ucraino e del contesto economico che ha interessato il sistema produttivo dei beni e servizi in Italia e nel Mondo, al settore dell'approvvigionamento energetico in ragione del rilevante rialzo dei prezzi applicato dai gestori dei servizi energetici  |

(1) comprende i compensi per gli organi di vertice e revisori dei conti e le risorse da erogare alla società DTT S.c.a.r.l. quali spese di funzionamento per 6.500.000 euro

(2) compendie spese di funzionamento da erogare alla società DTT S.c.a.r.l. per 9.653.157 euro

Firmato digitalmente da: Giorgio Graditi  
 Organizzazione: ENEA/01320740580  
 Data: 13/04/2023 22:41:33

Firmato digitalmente da: Marco Giulio  
 Maria Citterio  
 Organizzazione: ENEA/01320740580  
 Data: 13/04/2023 21:30:23