

AMBIENTE
 IMPIANTO SMART
 UTENTE GRID
 CONSUMO SVILUPPO RETE
RICERCA SEOLICO
 H₂ D **SISTEMA**
 SOSTENIBILITÀ
 BIOMASSA ACCUMULO
EFFICIENZA
 RISPARMIO
 IMPATTO
ENERGIA
 FOTOVOLTAICO
 GENERAZIONE
 TECNOLOGIA
 CO₂ kWh



csea

cassa per i servizi
energetici e ambientali

AMBIENTE
IMPIANTO SMART
UTENTE GRID
CONSUMO SVILUPPO RETE
RICERCA SEOLICO
H₂D SISTEMA
SOSTENIBILITÀ
BIOMASSA ACCUMULO
EFFICIENZA
RISPARMIO
IMPATTO
ENERGIA
FOTOVOLTAICO
GENERAZIONE
TECNOLOGIA
CO₂ kWh



csea

cassa per i servizi
energetici e ambientali

PREFAZIONE

La presente pubblicazione, giunta alla sua quarta edizione, ha il fine di fornire una panoramica sulle informazioni, gli obiettivi e i risultati raggiunti dalla Ricerca di Sistema nell'ultimo triennio di attività. La pubblicazione si concentra, infatti, sui progetti afferenti il Piano Triennale 2019-2021, il primo dall'entrata in vigore della riforma della Ricerca di Sistema legata al Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 16 aprile 2018.

I contenuti sono stati elaborati dall'Ufficio "Ricerca di Sistema" della Cassa per i servizi energetici e ambientali con la collaborazione degli affidatari degli Accordi di Programma, per assolvere ai compiti di diffusione dei risultati finali così come previsto dall'art. 8 del D.M. 16 aprile 2018.

Lo scopo è quello di fornire ad una platea, di formazione scientifica e non, l'opportunità di conoscere in concreto cos'è e come si è sviluppata nel mondo dell'energia la Ricerca di Sistema, finanziata dalla componente tariffaria A5_{RIM}.

Si coglie, pertanto, l'occasione per ringraziare RSE S.p.A., ENEA, CNR e tutti gli Assegnatari dei progetti dei Bandi per il fondamentale apporto fornito in questa sede e, prima ancora, per quanto svolto nell'arco di questi anni. Si ringrazia inoltre il Ministero dello Sviluppo Economico, il Ministero della Transizione Ecologica e l'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente per l'operato e la fiducia.

1.	Introduzione	4
2.	Il Piano Triennale 2019-2021	10
	➤ RSE	14
	➤ ENEA	42
	➤ CNR	64

1. Cos'è Ricerca di Sistema (RdS)

La Ricerca di Sistema (RdS) è l'attività di ricerca e sviluppo finalizzata all'innovazione tecnica e tecnologica di interesse generale per il settore elettrico che ha come obiettivo ridurre il costo dell'energia elettrica per gli utenti finali, migliorando l'affidabilità del sistema e la qualità del servizio ed al contempo riducendo l'impatto del sistema elettrico sull'ambiente e sulla salute, consentendo l'utilizzo razionale delle risorse energetiche al fine di assicurare al Paese le condizioni per uno sviluppo sostenibile.

2. Il sistema di finanziamento della RdS

Con l'avvio del processo di liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, che origina in Italia dal "Decreto Bersani" (D. Lgs. n. 79/99 di attuazione della direttiva 96/92/CE), è stata stabilita l'inclusione dei "costi relativi alle attività di ricerca e sviluppo finalizzate all'innovazione tecnica e tecnologica di interesse generale per il settore elettrico" nell'ambito degli oneri generali afferenti al sistema elettrico. Tale inclusione risponde alla necessità di assicurare sostegno alla ricerca in campo elettrico, anche a seguito del passaggio dall'ex monopolista nazionale Enel, cui in precedenza erano affidati compiti di ricerca per il sistema, ad una situazione di concorrenza tra più player operanti sul mercato nazionale. Le attività della RdS, così come individuate dal DM 26 gennaio 2000, possono essere tanto di tipo fondamentale e a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale (art. 10, comma 2, lett. a), "tipo a"), quanto avere ad oggetto ricerca industriale e sviluppo sperimentale a beneficio anche di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica nazionale o internazionale (art. 10, comma 2, lett. b), "tipo b"). Le attività, programmate oggi dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), sono finanziate dalla Cassa per i servizi energetici e ambientali (CSEA) mediante prelievi a carico del "Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca" (Conto), istituito presso la CSEA e alimentato dal

gettito della componente tariffaria $A5_{RIM}$, stabilita periodicamente dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente¹ (ARERA) (pari a circa 0,022 c€/kWh per l'anno 2021).

3. La RdS prima del Decreto 16 aprile 2018

Prima con il Decreto 28 febbraio 2003 e successivamente con il Decreto 8 marzo 2006 (poi abrogato con il DM 16 aprile 2018), il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) provvedeva a definire, d'intesa con ARERA, le modalità per la selezione dei progetti di ricerca da ammettere al finanziamento, le procedure per il controllo dello stato di avanzamento e dei risultati dei progetti ammessi, le modalità e i criteri per la gestione del Conto, nonché i criteri per l'organizzazione strutturale della RdS. Nel primo triennio di finanziamento (2000 –2002), in via transitoria, erano finanziate attività di RdS svolte da un unico affidatario, il CESI S.p.A., società nella quale erano confluite gran parte delle strutture di ricerca dell'Enel, assegnando all'ARERA il compito della selezione e della verifica dei progetti. Il sistema transitorio di affidamento ad un unico soggetto era stato prorogato fino a coprire tutti i progetti presentati entro il 31 dicembre 2003. L'ARERA, avvalendosi della CSEA e di esperti di comprovata competenza nel settore, aveva proseguito l'attività di verifica e valutazione dei progetti sino alla fine del 2005, poiché questi avevano durata triennale. Il DM 28 febbraio 2003 aveva poi visto la costituzione del Comitato di Esperti di Ricerca del Sistema Elettrico (CERSE) ed aveva istituito, presso la CSEA, la Segreteria Operativa del CERSE (SO). Tale decreto individuava inoltre le procedure concorsuali che permettevano l'ammissione dei progetti di ricerca al finanziamento. Compito del CERSE era quello di predisporre il Piano Triennale (PT), previa consultazione dell'ARERA, del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca e del Ministero dell'ambiente e della

¹A partire dal secondo trimestre 2020, a causa della situazione pandemica, prima, e dell'aumento sostenuto dei prezzi all'ingrosso dell'energia elettrica e del gas, poi, il gettito delle componenti tariffarie pagate in bolletta da famiglie e imprese (come $A5RIM$), è stato progressivamente ridotto (fino all'azzeramento) e il minor gettito è stato coperto con appositi stanziamenti di fondi pubblici.

tutela del territorio e della CSEA. Il PT individuava le priorità delle attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale, gli obiettivi, i progetti di ricerca, i risultati attesi e la previsione del fabbisogno per il finanziamento di quest'ultimi. Con il decreto 8 marzo 2006 erano state stabilite nuove modalità di gestione del Fondo. Del PT faceva parte integrante il Piano operativo annuale (POA) che si riferiva ad ogni anno di attività di quest'ultimo. Il CERSE si avvaleva, nell'espletamento delle sue funzioni, della SO la quale predisponendo bandi di selezione per individuare esperti di comprovata competenza nel campo della ricerca e dello sviluppo del settore elettrico per la valutazione dei progetti di ricerca di sistema, in modo da garantire indipendenza di valutazione e di giudizio. Circa le modalità di selezione dei progetti di ricerca, il Decreto 8 marzo 2006 prevedeva che il MiSE attivasse Accordi di Programma triennali (AdP) ed emanasse bandi di gara per finanziare progetti di ricerca, i cui contributi erano erogati dalla CSEA. Il sistema si configurava, quindi, con le seguenti modalità di finanziamento:

- per i progetti di ricerca di tipo a, erano previsti sia AdP tra MiSE e soggetti pubblici, o organismi a prevalente partecipazione pubblica, sia procedure concorsuali (bandi);
- per i progetti di ricerca di tipo b, erano previste le sole procedure concorsuali (bandi).

Essendo cessato per decorrenza dei termini l'incarico dei componenti del CERSE, il MiSE, con decreto n. 383/2007, ne aveva attribuito transitoriamente le funzioni all'ARERA.

3.1 Primo Periodo 2000-2006

Per un primo periodo transitorio le disponibilità del Conto erano state assegnate a progetti proposti dal CESI S.p.A. e giudicati ammissibili a contribuzione dall'ARERA, sulla base di istruttorie e verifiche organizzate e gestite dalla CSEA tramite il coinvolgimento di esperti nel settore della ricerca di comprovata professionalità ed inseriti

in un albo predisposto ad hoc. Il finanziamento aveva riguardato progetti triennali svolti nei periodi 2000-2002 e 2003-2005, per un importo pari, rispettivamente a 191,11 M€ e 115,9 M€.

3.2 Piano Triennale 2006-2008

Con il decreto 23 marzo 2006, il MiSE aveva approvato, con modifiche, il PT (2006-2008) ed il relativo Piano operativo annuale 2006 (POA). Con lo stesso decreto erano stati, altresì, individuati, ai sensi del decreto 8 marzo 2006, i tre affidatari degli AdP, CESI Ricerca S.p.A. (oggi RSE S.p.A.), ENEA e CNR, con i quali erano stati stipulati gli AdP, da realizzarsi in coerenza con il PT. I tre affidatari avevano quindi presentato al CERSE i Piani Annuali di Realizzazione (PAR), articolati per progetti di ricerca, per ciascuna delle attività di ricerca e sviluppo oggetto degli AdP. Per il PT 2006-2008, la ripartizione dei contributi per gli Accordi di Programma (180 M€) era avvenuta nel seguente modo:

- ENEA 60 M€, di cui erogati dopo valutazione 59,51 M€;
- CNR 15 M€, di cui erogati dopo valutazione 14,77 M€;
- CESI Ricerca S.p.A. 105 M€, di cui erogati dopo valutazione 104,92 M€.

La pubblicazione del primo bando della RdS, relativo alle competenze della prima annualità del PT 2006-2008, risale alla fine del 2008. Il MiSE, con i decreti del 12 dicembre 2008 e del 4 maggio 2009, aveva approvato il Bando di gara per la selezione dei progetti di tipologia b. Tra i temi individuati dal POA 2006 erano stati selezionati, per proporre progetti di ricerca, quelli che al momento dell'emanazione conservavano importanza e rilevanza strategica per il sistema elettrico nazionale e che non si sovrapponevano con altre iniziative nazionali di agevolazione per la ricerca. I progetti di ricerca avviati e ammessi a finanziamento erano stati in totale 17. Successivamente all'avvio dei progetti vi erano state due revoche di contributo, riducendo a 15 il numero dei progetti ammessi per un finanziamento complessivo di 14,48 M€.

3.3 Piano Triennale 2009-2011

Con il decreto 19 marzo 2009 il MiSE aveva approvato il secondo Piano Triennale (2009-2011) ed il relativo POA 2009 individuando i medesimi affidatari degli Accordi di Programma: RSE S.p.A., ENEA e CNR. Conseguentemente il MiSE aveva provveduto a stipulare i nuovi AdP con gli affidatari, rispettivamente nel 2009 con RSE, nel 2010 con l'ENEA e nel 2011 con il CNR. Gli affidatari avevano successivamente presentato al CERSE i rispettivi PAR, articolati per progetti di ricerca, per ciascuna delle attività di ricerca e sviluppo oggetto degli AdP. Per il PT 2009-2011 la ripartizione dei contributi per gli Accordi di Programma (152 M€) era avvenuta nel seguente modo:

- ENEA 40 M€, di cui erogati dopo valutazione 39,9 M€;
- CNR 9 M€ di cui erogati dopo valutazione 8,08 M€;
- RSE S.p.A. 103 M€ di cui erogati dopo valutazione 102,99 M€.

3.4 Piano Triennale 2012-2014

Con il decreto del 9 novembre 2012, il MiSE aveva approvato il Piano Triennale 2012-2014 ed il relativo POA 2012, con il quale erano stati stanziati 221 M€ per il finanziamento di progetti da realizzare tramite Accordi di Programma e nuovi bandi. Le attività di ricerca del Piano Triennale 2012-2014 erano state orientate alla promozione di un sistema energetico più sicuro ed efficiente, che permettesse il contenimento dei prezzi dell'energia elettrica per i consumatori e le imprese, che contribuisse allo sviluppo economico e sociale del Paese, che sviluppasse tecnologie sempre più innovative, efficienti e competitive migliorando la qualità del servizio e diminuendo costi e impatto sull'ambiente. Il Piano Triennale era stato strutturato su tre macroaree di ricerca: governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale; produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente; razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica. Per il PT 2012-2014 la ripartizione dei contributi per gli Accordi di

Programma (178,6 M€) era avvenuta nel seguente modo:

- ENEA 79,1 M€, di cui erogati dopo valutazione 76,71 M€;
- CNR 8,6 M€ di cui erogati dopo valutazione 7,38 M€;
- RSE S.p.A. 90,9 M€ di cui erogati dopo valutazione 89,64 M€.

Per quanto riguarda i bandi, il 30 giugno 2014, il MiSE con Decreto Direttoriale aveva approvato il bando di gara di tipo "b" per la selezione dei progetti di ricerca, come previsto dal PT 2012-2014, e dal POA 2013. L'ARERA con la delibera 398/2015/rds del 30 luglio 2015 aveva ammesso alla fase di valutazione 64 proposte di progetto su 67 totali presentate. Successivamente, grazie alle valutazioni effettuate dagli esperti, il MiSE con Decreto Direttoriale del 21 aprile 2016 aveva ammesso al finanziamento 27 progetti. A seguito di rinunce ed esclusioni dalla graduatoria per mancati adempimenti, i progetti avviati erano stati 22, per un contributo totale ammesso a finanziamento pari a 18,8 M€. Nel 2020 sono stati revocati i contributi per un progetto: attualmente, quindi, i progetti ammessi a finanziamento sono 21, per un totale ammesso a finanziamento di 17,5 M€. Il primo progetto si è concluso nel 2019, nel 2020 sono stati 10 i progetti portati a termine, mentre il 2021 ha visto la chiusura di 7 progetti. Attualmente sono in corso di svolgimento ancora 3 progetti, la cui chiusura è prevista per il 2022. Nel complesso i contributi finora erogati sono stati pari a 11,5 M€, per un residuo di circa 6 M€.

Per quanto concerne le attività di ricerca svolte dai progetti del bando b 2014, si rimanda all'approfondimento presente nella terza edizione di questa pubblicazione.

3.5 Piano Triennale 2015-2017/2018

Con il decreto del 21 aprile 2016, il MiSE aveva approvato il Piano Triennale 2015-2017 con il quale erano stati stanziati 210 M€ per il finanziamento di progetti da realizzare tramite Accordi di

Programma e nuovi bandi. I temi di ricerca erano stati aggregati in quattro aree di intervento: governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale interconnesso e integrazione dei mercati; generazione di energia elettrica con basse emissioni di carbonio; trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica ed efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici. Il successivo decreto di riforma della Ricerca di Sistema del 16 aprile 2018 aveva stabilito che gli affidatari degli AdP, le cui attività di finanziamento avevano termine nel corso del 2018, potevano presentare al MiSE Piani di realizzazione, coerenti con il Piano Triennale 2015-2017, contenenti attività integrative da svolgere entro il 31 dicembre 2018 al fine di allineare tutte le attività di ricerca a tale data, in modo da garantire un corretto avvio delle nuove attività con l'entrata in vigore della riforma. Per l'ammissione al finanziamento i Piani erano stati valutati secondo le procedure previste dal decreto 8 marzo 2006. Nel complesso, per il PT 2015-2017 e le attività di ricerca integrative svolte nell'anno 2018, la ripartizione dei contributi per gli Accordi di Programma (197,61 M€) era avvenuta nel seguente modo:

- ENEA 73,81 M€, di cui erogati dopo valutazione 71,28 M€;
- CNR 7,68 M€ di cui erogati dopo valutazione 7,47 M€;
- RSE S.p.A. 116,12 M€ di cui erogati dopo valutazione 115,7 M€.

4. La riforma della RdS

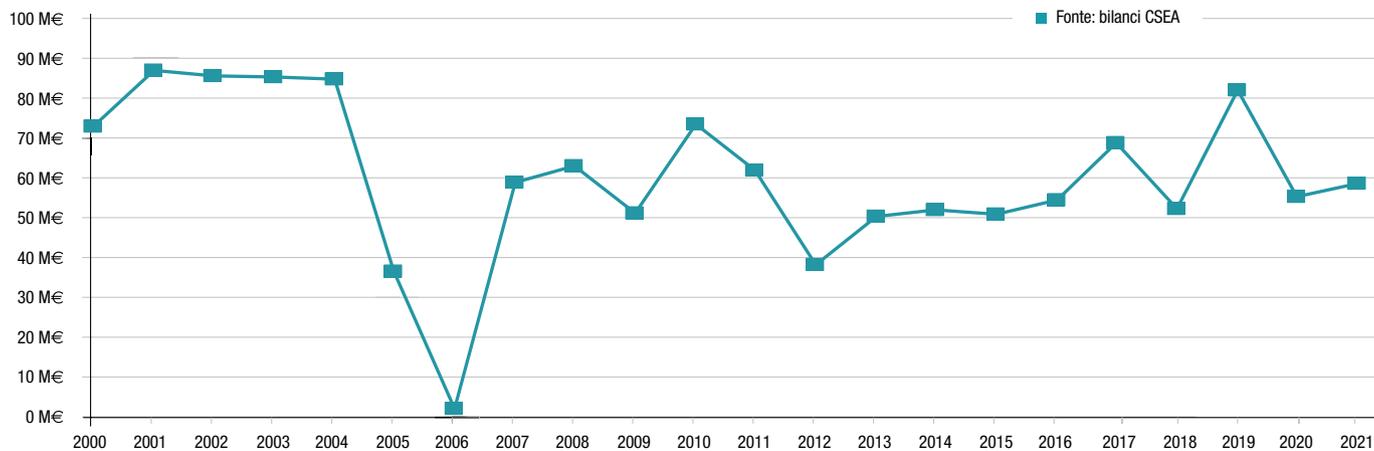
Come anticipato, il DM del 16 aprile 2018 ha introdotto la cosiddetta "Riforma della disciplina della ricerca di sistema elettrico". Il DM, adottato dal Ministero dello Sviluppo Economico, ha confermato le modalità di finanziamento definite dall'originario decreto 26 gennaio 2000, mantenendo la distinzione tra:

- attività di tipo fondamentale e a totale beneficio degli utenti del sistema elettrico nazionale (art. 10, comma 2, lett. a), "tipo a"), per i quali sono previsti sia AdP tra MiSE e soggetti pubblici, o organismi a prevalente partecipazione pubblica, sia procedure concorsuali (bandi);
- attività di ricerca industriale e a sviluppo sperimentale e a beneficio anche di soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica nazionale o internazionale (art. 10, comma 2, lett. b, "tipo b"), per i quali sono previste le sole procedure concorsuali (bandi).

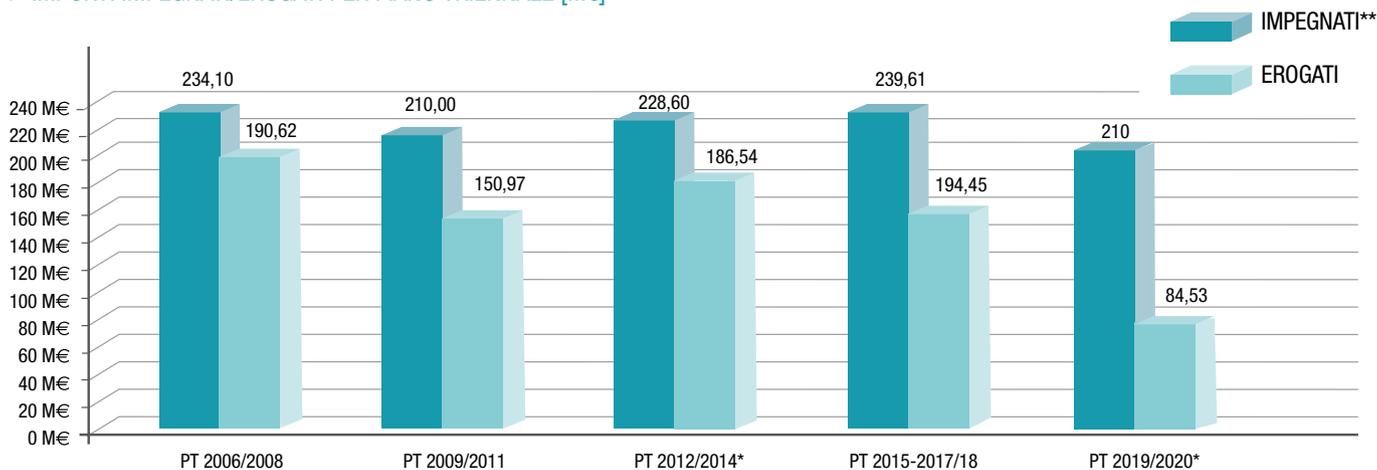
Contestualmente, il decreto ministeriale ha apportato cambiamenti rilevanti relativi alle modalità di gestione del Fondo, entrati in vigore dal 1 gennaio 2019, al fine di garantire maggiore aderenza dell'attività alle finalità previste dal decreto 26 gennaio 2000. A tal riguardo, è stato abrogato il DM 8 marzo 2006, sopprimendo la SO ed il CERSE; le funzioni spettanti a tali organi sono state assegnate al MiSE (attualmente trasferite al neocostituito MiTE) ed alla CSEA. Sono stati poi introdotti i Piani Triennali di Realizzazione (PTR), in luogo dei Piani Annuali di Realizzazione (PAR), con i quali gli affidatari degli AdP definiscono i progetti di ricerca, gli obiettivi e le risorse necessarie per ciascuna delle attività di ricerca e sviluppo oggetto dell'AdP. Ciò al fine di garantire un orizzonte programmatico più ampio e semplificare alcune procedure legate alla precedente programmazione annuale.

INTRODUZIONE

> GETTITO COMPONENTE A5_{RIM}



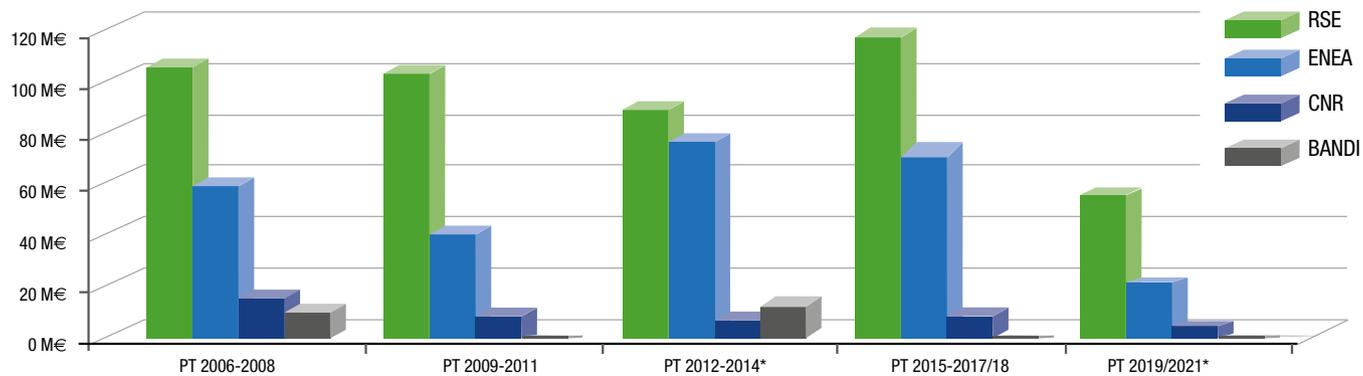
> IMPORTI IMPEGNATI/EROGATI PER PIANO TRIENNALE [M€]



*alla data di pubblicazione, sono ancora da erogare contributi di finanziamento relativi ai PTR 2019-2021 di RSE, ENEA, CNR, al bando B 2014, al bando B 2020 e al bando A 2021.

**Impegnati dopo la fase di valutazione di ammissione al finanziamento

> EROGAZIONI RDS PER PIANO TRIENNALE [M€]



*alla data di pubblicazione, sono ancora da erogare contributi di finanziamento relativi ai PTR 2019-2021 di RSE, ENEA, CNR, al bando B 2014, al bando B 2020 e al bando A 2021.

PIANO TRIENNALE



2019-2021

IL PIANO TRIENNALE 2019-2021

Con il decreto 9 agosto 2019, il MiSE ha approvato il Piano Triennale 2019-2021, con il quale sono stati stanziati 210 M€ per il finanziamento di progetti da realizzare tramite Accordi di Programma e nuovi bandi. Il Piano Triennale è stato strutturato sulla base di scelte strategiche e criteri quali gli obiettivi individuati a livello europeo, il fabbisogno e gli interessi specifici del nostro paese, la capacità di risposta del sistema della ricerca e del tessuto imprenditoriale italiano alle esigenze nazionali e sollecitazioni europee.

I temi di ricerca sono stati raggruppati sotto due obiettivi generali:

- **Tecnologie:** con lo scopo di presidiare e sviluppare tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica
- **Sistema Elettrico:** con lo scopo di favorire l'introduzione nel settore di tecnologie, sistemi e modelli organizzativi e gestionali funzionali alla transizione energetica e alla sicurezza.

Gli stanziamenti per il PT 2019-2021, suddivisi per obiettivi generali, sono mostrati in tabella.

Per quanto riguarda gli Accordi di Programma, gli affidatari (RSE S.p.A., ENEA e CNR), coordinandosi con i loro co-beneficiari hanno presentato, a conclusione dell'anno 2019, i Piani Triennali di Realizzazione (PTR) ai fini della valutazione per l'ammissione al finanziamento. Attualmente si è conclusa la terza e ultima annualità dei progetti di ricerca costituenti i PTR, la cui valutazione dello stato di avanzamento finale è prevista entro il 2022. Per quanto attiene ai bandi, è stato approvato, da parte del MiSE, un bando di tipo "b", con il decreto del 7 dicembre 2020, per la selezione di progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale afferenti ai seguenti temi:

- Fotovoltaico ad alta efficienza;
- Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti con riferimento al solo accumulo elettrochimico;

➤ Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali. I progetti di ricerca presentati sono stati valutati dagli esperti ai fini della definizione della graduatoria successivamente approvata dal MiTE con il decreto del 20 settembre 2021. Delle 16 proposte di progetto presentate, ne sono state ammesse 11 al finanziamento, con la successiva accettazione del contributo da parte dei proponenti. Attualmente si stanno svolgendo le successive fasi relative alla stipula dei contratti di ricerca. Inoltre, con il decreto del 27 ottobre 2021, il MiTE ha approvato un bando di tipo "a" per la selezione di progetti di ricerca di base afferenti ai seguenti temi:

- Fotovoltaico ad alta efficienza ed in particolare progetti di ricerca relativi al solo studio e sviluppo di materiali innovativi per applicazioni fotovoltaiche;
- Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti ed in particolare progetti relativi allo studio e sviluppo di materiali per i sistemi di accumulo.

Ad oggi, sono in corso le valutazioni delle proposte di progetto volte a determinare l'ammissione al finanziamento e la successiva formazione della graduatoria.

Di seguito, si riportano delle schede sintetiche e i riferimenti per approfondire i progetti sviluppati dagli affidatari tramite gli Accordi di Programma con il Ministero.

> PIANO TRIENNALE 2019-2021

Obiettivo generale	Adp M€	a M€	b M€	TOT. M€
Tecnologie	116	20	16	152
Sistema Elettrico	58	0	0	58
Totale	174	20	16	210



RSE

*Ricerca
Sistema
Energetico*

Fotovoltaico ad alta efficienza

Il progetto si propone di agevolare lo sviluppo dei sistemi di generazione fotovoltaica (FV) ad alta efficienza e a costi ridotti, concorrendo anche a ottimizzare la produzione energetica degli impianti installati nel territorio italiano. Tutto ciò per contribuire al raggiungimento degli obiettivi del PNIEC al 2030, che prevedono una potenza FV installata cumulativa di 52 GW con una energia elettrica prodotta annua pari a 74 TWh, e allo stesso tempo per fornire supporto tecnologico alle aziende coinvolte in questa importante fase di sviluppo della tecnologia FV.

Il progetto ha incluso attività di ricerca in materia di:

- **“Fotovoltaico a concentrazione solare”**, per lo sviluppo di soluzioni innovative nel campo della tecnologia fotovoltaica a concentrazione solare (CPV) che consentano un progresso delle competenze su tutta la filiera della tecnologia CPV. Le attività di ricerca hanno consentito in particolare:

- La realizzazione di celle a multi-giunzione con processi produttivi a costo più contenuto, su substrati sottili o riciclati, con coating nanostrutturati antiriflesso
- Lo studio e sviluppo di ottiche efficienti e compatte per alta e media concentrazione solare
- L'analisi delle problematiche relative alla realizzazione dei moduli CPV
- Lo sviluppo di sistemi compatti per l'inseguimento solare anche integrabili negli edifici
- Il perfezionamento di celle MJ per il termofotovoltaico utilizzabile nella microgenerazione domestica

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Salvatore Guastella
salvatore.guastella@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/fotovoltaico-ad-alta-efficienza-923/>

- Lo sviluppo di una nuova metodologia per la realizzazione della cella a quattro giunzioni con costi di produzione inferiori a quelli attuali e con alta efficienza di conversione

- **“Fotovoltaico piano”**, per lo sviluppo e la sperimentazione di soluzioni tecnologiche innovative volte a fornire un supporto al raggiungimento degli obiettivi del PNIEC per la produzione fotovoltaica. Le attività di ricerca hanno consentito, in particolare:

- L'analisi delle cause di variazione delle prestazioni nel tempo di impianti FV e l'individuazione di tecniche diagnostiche in esercizio (in grado di individuare/prevenire i guasti) che hanno fornito indicazioni sulle modalità ottimali per mantenere efficiente il parco FV italiano e per ridurne il costo di esercizio (e quindi il relativo LCOE)

- Lo studio delle potenzialità di nuovi materiali molto abbondanti in natura ed ecosostenibili (quali i calcogenuri) ad essere utilizzati per dispositivi FV e lo sviluppo di soluzioni per la loro realizzazione, che hanno fornito indicazioni sul loro possibile impiego, nel medio termine, per la realizzazione di impianti di generazione FV su ampia scala

- **“Fonte solare e ambiente”**, sugli aspetti ambientali legati alla realizzazione di impianti fotovoltaici, sempre più importanti per il settore energetico italiano e consolidati dal punto di vista economico, che mirano ad essere anche ampiamente sostenibili da un punto di vista ambientale. Le attività di ricerca hanno consentito in particolare, lo sviluppo di:

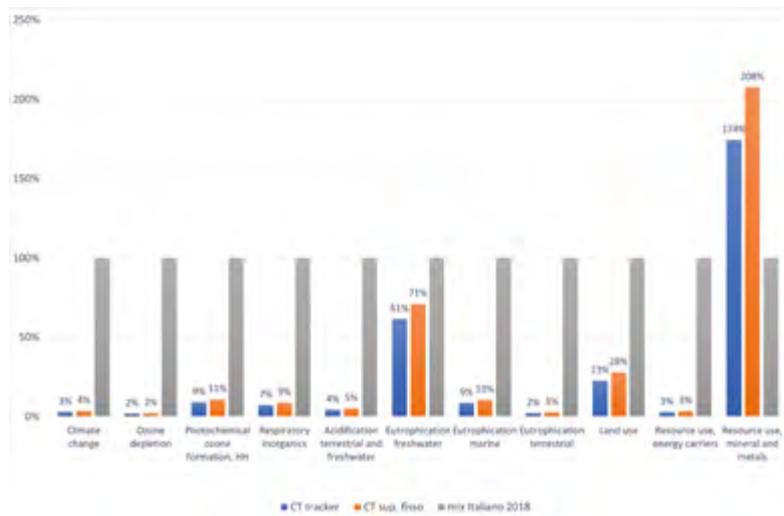
- Mappe relative alla radiazione solare diretta, che consentono di individuare le aree adatte per l'installazione di impianti con determinate tecnologie di celle FV

- Studi di LCA delle tecnologie FV più utilizzate e oggetto di recenti sviluppi, i cui risultati consentono di fornire un supporto alla valutazione delle diverse tecnologie FV nella transazione ecologica

Le attività di ricerca sono state condotte in collaborazione con Centri di ricerca (Università, CNR, ENEA) e Operatori nazionali già attivi nel settore del fotovoltaico (fra cui: Beghelli, ASSE, Solergy,

Sungen, CESI, EGP, Green Utility, ENI, Green Utility, BDF Digital, Convert, FuturaSun).

Valutazione LCA di varie tecnologie di impianti FV - confronto con LCA del mix energetico italiano.



Impianti FV utility-scale.



Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti

La crescente penetrazione di fonti rinnovabili non programmabili (FRNP) e la crescente elettrificazione dei trasporti portano a una serie di sfide relative alla stabilità e flessibilità del sistema elettrico nazionale. Risulta, pertanto, evidente la necessità di accumulare l'eccesso di energia rinnovabile per utilizzarla successivamente dove e quando è necessaria. La scelta delle soluzioni di accumulo adottabili (queste possono essere differenziate in base alla forma in cui è immagazzinata l'energia: elettrica, elettrochimica, chimica, meccanica, termica) è sicuramente di natura tecnica, in ragione innanzitutto dall'applicazione cui sono destinate, ma non può prescindere da una valutazione dell'opzione più vantaggiosa, ovvero tale da garantire la massima sostenibilità da un punto di vista ambientale ed economico per l'intero ciclo di vita della soluzione adottata. Il sistema dei trasporti, ad esempio, richiede soluzioni leggere, modulari, durevoli, affidabili, economiche e in grado di accumulare alte densità di energia. Il sistema elettrico (stazionario) è invece meno esigente in termini di leggerezza e densità di energia, ma lo è altrettanto (se non di più) sugli altri aspetti. Il progetto si occupa principalmente di sviluppo tecnologico per sistemi d'accumulo elettrochimico ed elettrico (batterie e super capacitori), chimico o power-to-gas (produzione e accumulo di gas naturale e idrogeno) e termico (accumulo di calore prodotto da fonti rinnovabili). Per quanto fortemente orientato al tema dell'accumulo stazionario, alcune soluzioni tecnologiche in esso sviluppate possono tuttavia trovare spazio anche in applicazioni veicolari. Si è tuttavia arricchito anche di un capitolo di ricerca dedicato al

vettore idrogeno (prodotto tramite elettrolizzatori o altri sistemi) quale ulteriore strumento d'ausilio alla stabilità e flessibilità del sistema elettrico e in generale che può risultare fondamentale per la decarbonizzazione diretta di alcuni settori hard-to-abate (es. processi industriali ad alta temperatura, trasporto pesante/a lunga distanza).

Le attività di ricerca hanno visto in particolare:

- Rispetto allo sviluppo di batterie innovative, l'implementazione di soluzioni tecnologiche in grado di aumentare la capacità specifica dei materiali attivi (e quindi la densità energetica che si traduce in leggerezza) e il numero di cicli di carica e scarica senza perdere in capacità specifica (e quindi la vita utile), anche attraverso lo sviluppo di opportuni sistemi di controllo.
- Per l'accumulo chimico power-to-gas, lo sviluppo di soluzioni tecnologiche finalizzate a generare e accumulare metano (e idrogeno) in modo efficace, migliorando l'efficienza di conversione da FRNP a combustibile. Lo stesso combustibile potrà trovare applicazione in sistemi di produzione di energia elettrica, ma anche nei trasporti: veicoli a bio-metano o bio-idrogeno.
- In materia di accumulo termico, l'individuazione di soluzioni tecnologiche che hanno un impatto indiretto sul sistema elettrico e che possono essere abbinate a fonti energetiche rinnovabili termiche, quali il solare termico e gli impianti di combustione a biomassa, così da sfruttare direttamente la sorgente rinnovabile per produrre calore e accumularlo per lungo periodo, in un'ottica di risparmio di energia primaria, riuscendo a sgravare la rete elettrica di questo contributo alla decarbonizzazione.
- In relazione al vettore idrogeno, una valutazione del potenziale nazionale dell'idrogeno, con l'individuazione di settori con migliori opportunità applicative, di tecnologie idonee di produzione e l'analisi delle sinergie con il sistema elettrico, a beneficio di tutti e in primis della pianificazione energetica del Governo, soprattutto per indirizzare investimenti e incentivi del settore.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Omar Perego
omar.perego@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/sistemi-di-accumulo-compresi-elettrochimico-e-power-to-gas-e-relative-interfacce-con-le-reti-924/>

Lo sviluppo di batterie innovative.



La sperimentazione sui materiali.



Componenti e materiali per la sicurezza e la resilienza

Il progetto si propone di contribuire ad un incremento della sicurezza e della resilienza del sistema elettrico attraverso lo studio e allo sviluppo di soluzioni innovative per componenti e materiali, ma anche di nuove metodologie diagnostiche, necessarie per fare fronte alle nuove esigenze della rete e alle mutate sollecitazioni ambientali a cui questa è sottoposta.

I temi affrontati rivestono una particolare importanza sia nella SEN2017, sia nel SETPLAN europeo e anche nel più recente PNIEC. ARERA ha inoltre istituito un Tavolo tecnico di confronto con TSO e DSO per incrementare la resilienza delle infrastrutture elettriche a fronte dei sempre più frequenti eventi meteorologici di grave entità.

Le attività di ricerca hanno affrontato, in particolare, i seguenti temi:

- Fenomeni meteorologici con sovraccarichi di neve e ghiaccio sulle linee elettriche aeree, con lo studio e la realizzazione di rivestimenti e di dispositivi per mitigare il fenomeno; l'ottimizzazione dei processi (considerandone l'applicabilità su scala industriale) e l'approfondimento dei meccanismi di adesione e distacco dei manicotti di neve.
- Fenomeni di accumulo di contaminanti sugli isolatori, con la finalizzazione della mappatura nazionale del livello di contaminazione degli isolatori, il monitoraggio distribuito dello stato di inquinamento, la messa a punto di un sistema di previsione e allerta di condizioni critiche e lo studio di rivestimenti per l'incremento della tenuta degli isolatori.

Piano Triennale: 2019-2021

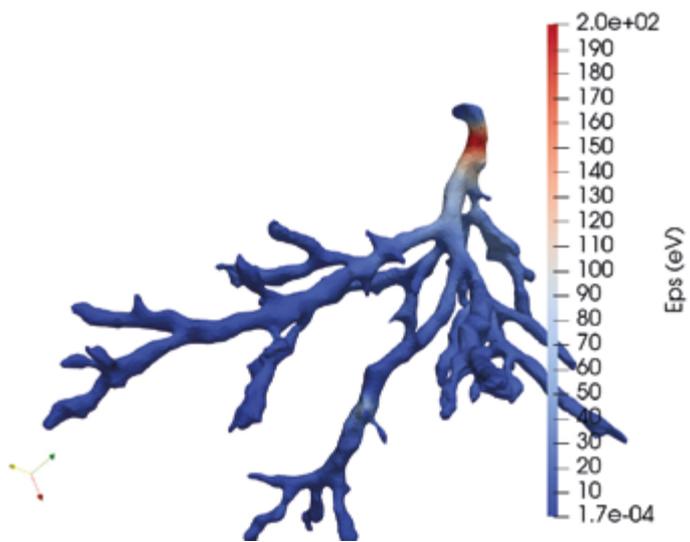
Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: : Giovanni Pirovano
giovanni.pirovano@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/mat4res/>

- Ondate di calore e assenza di piogge, con lo sviluppo di sistemi di diagnostica, monitoraggio e previsione dello stato delle reti MT in cavo, attraverso un approfondimento degli aspetti diagnostici, dei fenomeni che maggiormente influiscono sulla temperatura di cavi e giunti sotterranei e sulla correlazione dei parametri meteorologici con i tassi di guasto, al fine di realizzare una mappatura ed un sistema di previsione/allerta del fenomeno.
- Resilienza e fragility delle stazioni elettriche nei confronti di sismi e allagamenti, con la definizione delle modalità con cui i terreni interagiscono con le forzanti collegate ai terremoti e alle alluvioni e la funzionalità delle sovrastanti strutture e componenti della rete elettrica per individuarne i rischi cui è sottoposta e proporre soluzioni mitigative.
- Componenti ed apparati superconduttori per le reti AC e DC, con la modellazione, progettazione, realizzazione e sperimentazione di prototipi di SFCL per reti elettriche AC e DC (progetto Fastgrid) e l'analisi del comportamento degli isolamenti e dei cavi in condizioni criogeniche.
- Modellazione e diagnostica dei fenomeni di invecchiamento di isolamenti dielettrici solidi, con lo studio e la modellazione dei meccanismi di degrado di isolamenti dielettrici polimerici attraverso lo sviluppo di tecniche numeriche per la simulazione delle scariche parziali, lo sviluppo di sensoristica elettro-ottica e la modellazione del processo chimico di invecchiamento di materiali polimerici.
- Diagnostica e sensoristica avanzata per trasformatori (in presenza anche di nuovi fluidi isolanti), con lo studio dei fenomeni di degrado dell'isolamento di trasformatori in presenza di nuovi fluidi isolanti quali gli esteri naturali, e la messa a punto di sensoristica innovativa, di tipo ottico, per la valutazione dello stato del trasformatore.

Simulazione del meccanismo di propagazione della scarica in un materiale dielettrico.



Impianto di prova per lo studio del comportamento dei giunti di cavi interrati di media tensione.



Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

Il progetto, orientando le proprie attività all'efficientamento dei processi, intende essere di supporto allo sviluppo tecnologico per l'efficientamento del settore industriale nazionale, allo scopo di garantire al settore energetico e all'industria italiana un buon presidio tecnologico che ne supporti la competitività in ambito internazionale. La finalità ultima è quella di promuovere l'efficientamento e contribuire così, in generale, al processo di decarbonizzazione del settore industriale, in un contesto di economia di transizione.

Le attività di ricerca, che sono svolte in stretta collaborazione con autorità regolatorie, decisori politici e attori industriali, riguardano in particolare i seguenti aspetti:

- Le potenzialità di efficientamento e decarbonizzazione del vettore idrogeno all'interno del comparto industriale, con lo sviluppo di un'analisi tecnico-economica delle tecnologie adattabili all'uso dell'idrogeno mediante stime basate su casi sperimentali e prototipali, e la proposta in merito per diversi settori di scenari, roadmap e linee guida
- Le nuove tecnologie per la produzione di idrogeno, con la proposta e sperimentazione di una tecnologia di produzione per via fotocatalitica per un ottimale sfruttamento delle fonti rinnovabili non programmabili.
- La valorizzazione ottimale, sempre in un'ottica di economia di

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Cristina Cavicchioli
cristina.cavicchioli@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali-926/>

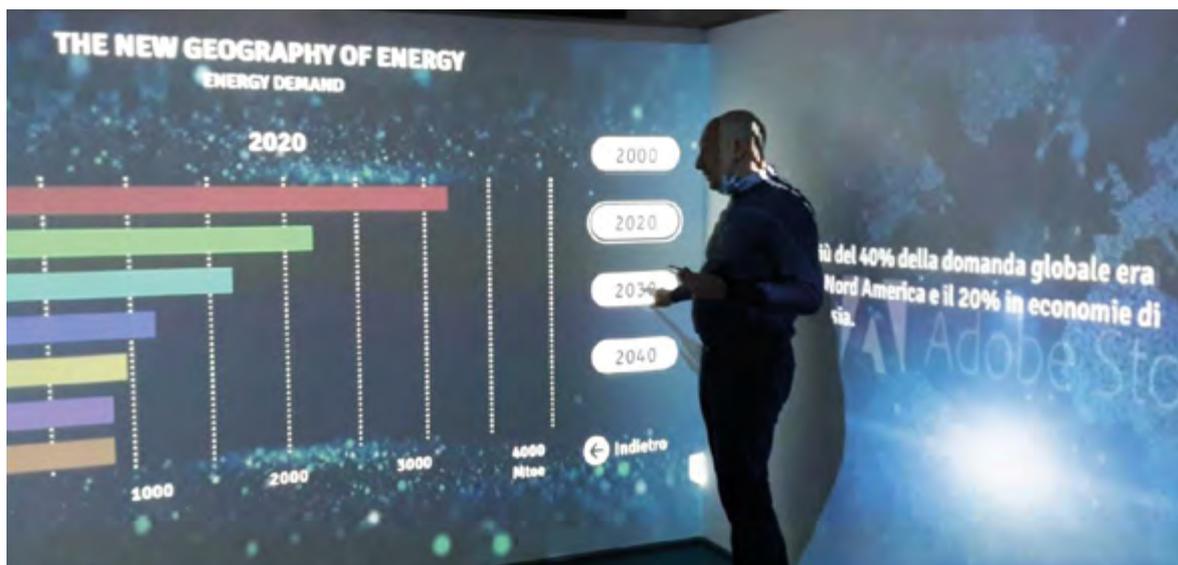
transizione, delle differenti forme di energia, con un'attenzione specifica rivolta agli scarti termici industriali e alla definizione dei relativi requisiti per un loro riutilizzo in termini utili al contesto territoriale (reti di teleriscaldamento) a supporto di operatori industriali, operatori di teleriscaldamento, decisori politici e autorità di regolazione. Su esplicita richiesta dell'autorità regolatoria si aggiunge anche una stima della ottimale valorizzazione di utilizzo di questo tipo di scarti di cui è indagata la sostenibilità mediante approcci LCA (Life Cycle Assessment).

- Le ricadute ambientali delle tecnologie e delle soluzioni di efficientamento energetico dei processi industriali con lo sviluppo e sperimentazione di tecnologie innovative ed efficienti volte a minimizzare le emissioni atmosferiche di inquinanti (ad es. composti organici volatili, ossidi di azoto e particolato di combustione) riducendo allo stesso tempo i costi energetici del processo di abbattimento, e con il contributo fornito ad attività pre-normative in materia di monitoraggio delle emissioni.
- L'efficientamento dei sistemi di produzione energetica da fonti rinnovabili con lo studio e la definizione di sistemi efficienti applicabili alla geotermia nazionale che consentano di sfruttare la fonte energetica in modo più esteso sul territorio nazionale e con maggiore efficienza (p.es.: mediante l'utilizzo di sistemi "closed loop", in cui si utilizzano pozzi non convenzionali oppure tramite scambiatori di calore direttamente in pozzo).
- Lo sviluppo di sistemi efficienti a membrana per la produzione di gas tecnici, con la progettazione, realizzazione e sperimentazione di una soluzione tecnologica (componenti di membrana e modulo) che appare promettente e che è allo studio anche in diversi prestigiosi laboratori internazionali per consentire di ampliare i sistemi di produzione di gas tecnici in un'ottica di efficienza energetica.

Efficientamento del settore industriale nazionale in un contesto di economia di transizione e decarbonizzazione.



La condivisione dei risultati del progetto mediante lo strumento della realtà immersiva.



Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Il progetto si propone di promuovere soluzioni efficienti in grado di ridurre il consumo energetico e favorire lo sviluppo di tecnologie per la conversione di energia elettrica in altre forme di energia o di conversione di energia termica, anche solare o ambientale, in energia elettrica, termica e frigorifera, prevalentemente per utilizzo nel settore residenziale.

A tale scopo, il progetto da un lato rivolge la sua attenzione alla riduzione dei consumi di energia primaria negli edifici residenziali, in particolar modo per quanto riguarda gli impianti di climatizzazione di piccola taglia e assistiti da fonti rinnovabili, per individuare opportune tecniche di controllo in grado di ottimizzare i consumi in diversi contesti residenziali caratterizzati da condizioni di comfort, prestazioni di efficienza energetica, condizioni climatiche, comportamenti e abitudini di utilizzo diverse. Dall'altro, opera per lo sviluppo di un'architettura innovativa di pompa di calore ad alta temperatura con tecnologia ad eiettore, con l'obiettivo di contribuire alla penetrazione delle tecnologie elettriche per la climatizzazione in ambito civile, in accordo con le stime di crescita previste dalla SEN/PNIEC necessarie per raggiungere gli obiettivi FER nazionali al 2030. Le attività di ricerca hanno quindi visto in particolare:

- Lo sviluppo di un sistema di gestione che, utilizzando tecniche di Machine Learning (ML) e di Controllo Predittivo (MPC), permette di ottimizzare i consumi energetici di un singolo edificio, massimizzando le prestazioni dell'impianto di climatizzazione

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: : Vittorio Brignoli
vittorio.brignoli@rse-web.it

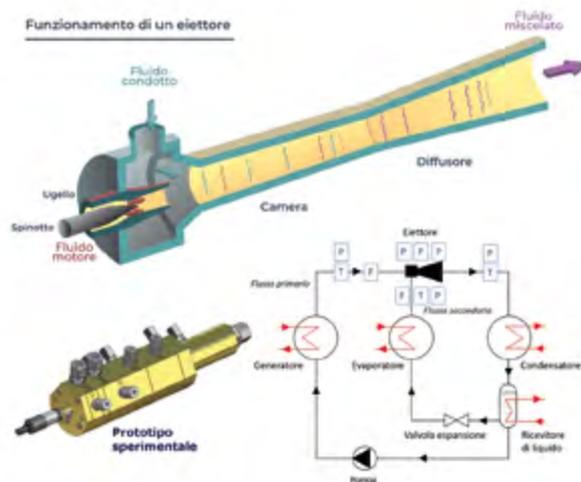
<https://www.rse-web.it/progetti/tecnologie-per-la-penetrazione-efficiente-del-vettore-elettrico-negli-usi-927/>

e l'autoconsumo di energia elettrica. Il sistema, tenendo conto del comportamento dell'utente, delle previsioni meteo e delle caratteristiche termofisiche dell'edificio, potrà operare su edifici differenti in termini di dimensioni, caratteristiche costruttive, località geografica e destinazione d'uso.

- La validazione del sistema di gestione sia in ambiente simulato che, sperimentalmente, in due laboratori RSE. Il primo di questi è dotato di tetto FV, riscaldamento a gas e a pompa di calore e di impianto domotico e rappresenta un'utenza di tipo prosumer (PREVO); il secondo è invece un laboratorio attrezzato per simulare le prestazioni di un edificio tutto elettrico, fornito di un sistema per la climatizzazione e la produzione di ACS efficiente e sostenibile (FV e PdC), di un set di elettrodomestici di classe A normalmente presenti nelle abitazioni, di sistemi di accumulo termico ed elettrico e di un punto di ricarica per veicoli elettrici. Oltre al sistema di gestione sono stati sviluppati anche strumenti modellistici utili per stimare le potenziali capacità di risparmio delle diverse tipologie di edifici e nuclei familiari e per analizzare possibili evoluzioni di efficientamento dei servizi di piccoli agglomerati urbani.
- Un'analisi comparativa, per la tecnologia innovativa di pompa di calore, delle possibili architetture di macchina adottabili in base alle diverse condizioni operative ed ai fluidi refrigeranti impiegabili, ponendo attenzione sul legame "prestazioni locali e globali" delle architetture considerate e sulle tecniche modellistiche idonee a trattare questi sistemi, validando modelli a parametri concentrati e CFD anche in base all'architettura di macchina scelta.
- La progettazione e realizzazione dell'eiettore (mediante la modellazione a parametri concentrati e/o CFD) e la caratterizzazione delle sue prestazioni in una test facility dedicata.
- La validazione e calibrazione della modellistica utilizzata sulla base dei dati raccolti, per disporre di uno strumento utile alla progettazione di cicli di pompe di calore ad eiettore e per simulare il funzionamento di una pompa di calore ad eiettore in contesti domestici reali.

Un eiettore a flusso variabile per sostituire il compressore delle pompe di calore con riduzione dei costi e dei consumi nel settore residenziale.

Il Laboratorio EffE “all electric” di RSE Piacenza per la sperimentazione della gestione ottimale dei consumi e della produzione FV tramite un innovativo sistema Smart Energy Manager.



Energia elettrica dal mare

L'energia dal mare è la prossima frontiera nella produzione elettrica da rinnovabile. Solo in Europa, l'industria energetica oceanica prevede di raggiungere 100 GW di capacità produttiva entro il 2050, coprendo il 10 per cento della domanda di elettricità.

Anche in Italia vi è un crescente interesse attorno allo sviluppo tecnologico del settore, nonostante la risorsa del moto ondoso sia inferiore a quella nei mari aperti e negli oceani. Negli ultimi anni l'energia oceanica è stata oggetto di diverse iniziative politiche, sia a livello europeo che nazionale. Nell'Unione Europea, in seguito al lancio della comunicazione Ocean Energy nel 2014 e alla successiva istituzione del Forum per l'Energia Oceanica, l'industria è stata invitata a identificare azioni comuni per portare la tecnologia sul mercato. Più di recente, l'inclusione dell'energia oceanica nel nuovo Piano Strategico per le Tecnologie Energetiche (SET Plan) dell'Unione Europea (2015), pur avendo messo in luce l'attuale leadership europea nel comparto, ha sottolineato la necessità di migliorare le performance delle tecnologie energetiche oceaniche attraverso l'innovazione.

Un ruolo determinante e imprescindibile spetterà quindi alla ricerca, considerato che, ad oggi, sul tema della conversione di energia da moto ondoso non esiste ancora un consenso sulla configurazione più promettente e che il progresso e il futuro successo commerciale di ogni singolo dispositivo sono legati alla disponibilità di una tecnologia provata, affidabile ed economicamente sostenibile. Questo pone di fronte a sfide e ad opportunità importanti, fra cui in particolare la realizzazione di

dispositivi di costo contenuto, la specializzazione dei dispositivi alle caratteristiche della risorsa del Mediterraneo e l'utilizzo di infrastrutture costiere per l'installazione.

Il progetto intende rispondere proprio a queste sfide specifiche, prendendo le mosse da quanto prodotto nel precedente triennio RdS, per integrarlo con aspetti innovativi sia tecnologici, relativi allo sviluppo di un dispositivo di generazione da moto ondoso, che in materia di producibilità effettiva, compatibilità ambientale e misura della risorsa.

Le attività di ricerca hanno visto in particolare:

- L'ottimizzazione della produzione di energia del dispositivo RSE di generazione da moto ondoso "WaveSAX", finalizzata a diminuirne i costi di costruzione e di manutenzione per favorire la riduzione del LCoE
- Lo studio di soluzioni progettuali che permettano l'implementazione di WaveSAX anche in strutture off-shore, ad esempio sulle piattaforme O&G ed eoliche ibride
- L'analisi degli aspetti ambientali e dell'assetto normativo legati allo sfruttamento della risorsa marina
- La definizione di criteri per la valutazione di aree marine nazionali potenzialmente adatte all'installazione dei diversi dispositivi
- La valutazione del potenziale di producibilità effettiva da fonte marina ed eolica lungo la costa italiana, anche sulla base di misure effettuate a mare attraverso la boa MOBI localizzata nella costa sud-occidentale della Sicilia

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

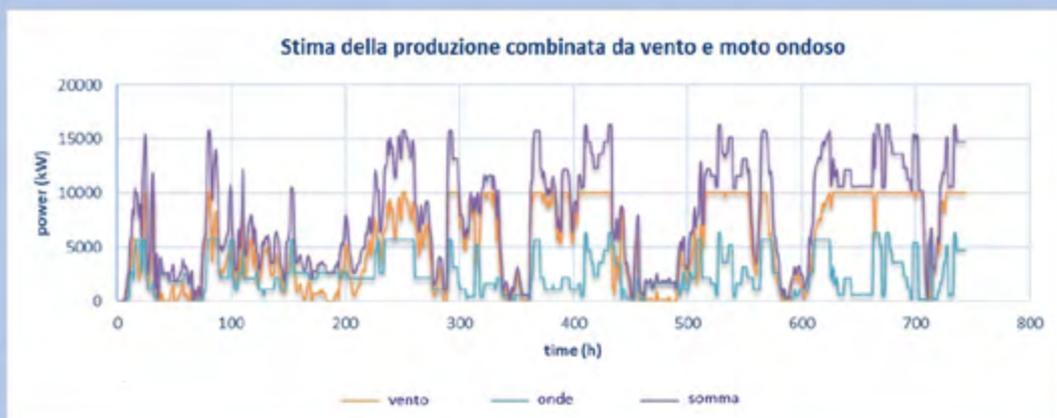
Referente: Maximo Aurelio Peviani
maximo.peviani@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/energia-elettrica-dal-mare-929/>

Prove a mare del dispositivo WaveSAX (scala 1:5) installato nel porto di Civitavecchia.



Stima della produzione combinata di energia da vento e moto ondoso, sulla base di misure effettuate a mare nella boa MOBI.





Strumenti e modelli, anche settoriali, per scenari energetici ed elettrici, adeguati all'evoluzione del sistema - Analisi di evoluzione dei mercati e della regolazione

Le analisi di scenario sul sistema energetico ed elettrico italiano, così come le analisi sui conseguenti impatti sull'ambiente, sono state negli ultimi anni e continueranno ad essere nel futuro uno strumento fondamentale per svolgere studi di impatto di nuovi drivers o di nuove politiche energetiche. RSE ha partecipato a diversi tavoli su richiesta del Ministero per lo Sviluppo Economico (SEN, e proposta di PNIEC negli anni precedenti; PNIEC definitivo con relativa VAS, LTS, Aree Idonee e GdL tecnici a supporto del CITE nel corso del progetto) e di altri soggetti istituzionali. Altro tema collegato con questo è quello dello sviluppo dei mercati elettrici, essendo le modalità di funzionamento di tali mercati la base per assicurare una buona efficienza allocativa delle risorse di generazione e massimizzare il social welfare nazionale. In questo ambito si è contribuito anche agli aspetti legati alla verifica del buon funzionamento degli algoritmi di soluzione dei mercati (necessità di ACER e delle NRA), all'analisi del comportamento degli operatori (REMIT) e all'analisi dei modelli di mercati dei servizi ancillari. Sono parte delle attività del progetto anche analisi "model based", a favore di ARERA, sulle principali iniziative dei piani di sviluppo di TERNA. I tre temi sopra elencati (analisi di scenario energetico e ambientale, analisi di funzionamento dei mercati e pianificazione delle espansioni di rete) sono tra loro fortemente connessi e riscontrano un forte interesse delle istituzioni italiane. Anche a livello europeo, si verifica un interesse analogo che si riflette in importanti progetti di ricerca finanziati dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon2020 e che sono

centrati su questi temi.

Il progetto propone azioni di ricerca sui tre ambiti tematici sopra citati, includendo altresì numerose azioni a supporto delle istituzioni italiane e operando in sinergia con importanti progetti Europei attivi su temi correlati e nei quali RSE gioca un ruolo di primaria importanza.

Le attività di ricerca hanno quindi interessato in particolare i seguenti aspetti:

- Modelli per scenari energetici con la produzione di scenari per la governance del sistema energetico, scenari di efficienza energetica negli usi finali (industrie e settore civile), scenari di ripartizione delle FER in funzione di diverse opzioni di utilizzo del territorio e alla raccolta dati ed elaborazione di metriche su tecnologie di generazione e storage elettrico a supporto degli scenari elettrici ed energetici
- Integrazione con gli scenari ambientali con l'implementazione di modelli relativi ad air quality e life cycle assessment.
- Valutazione dei piani di sviluppo delle reti, con analisi tecnico-economiche di progetti di espansione di rete inclusi nel Piano di Sviluppo finalizzati a valutazioni di adeguatezza del sistema elettrico, e sviluppo di metodologie per condurre valutazioni tecnico-economiche relative agli sviluppi della rete di distribuzione
- Evoluzione dei mercati elettrici con studi focalizzati ad analizzare l'evoluzione dei mercati elettrici a seguito dell'introduzione delle nuove risorse di flessibilità
- Supporto alla regolazione innovativa e alla normativa tecnica, con ad esempio, analisi delle opportunità di innovazione dei servizi ancillari in Italia tenendo conto dell'evoluzione attesa del sistema elettrico nazionale ed europeo, contributi tecnici sul tema della economia circolare ecc.)

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Alberto Gelmini
alberto.gelmini@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali-926/>

Scenari energetico-ambientali
per il sistema energetico ed
elettrico italiano.



I mercati e la pianificazione
delle espansioni di rete.





Modelli di architettura e di gestione del sistema e delle reti elettriche e della regolazione che favoriscano l'integrazione di generazione rinnovabile e non programmabile, autoproduzione, accumuli, comunità dell'energia e aggregatori e che tengano conto della penetrazione elettrica

Il progetto si propone di sviluppare metodologie, studi, strumenti software, prototipi e dimostratori per ottimizzare le reti elettriche di trasmissione e distribuzione considerando nuovi modelli di architettura e di gestione del sistema e nuovi schemi regolatori per favorire l'integrazione di generazione rinnovabile e non programmabile, autoproduzione, sistemi di accumulo e aggregatori e che tengano conto della penetrazione elettrica. Il progetto ha affrontato i temi previsti garantendo un approccio di sistema e supportando le istituzioni e la normativa tecnica a livello nazionale e internazionale per accelerare lo sviluppo, la prova e la messa a disposizione delle tecnologie necessarie alla transizione energetica. A partire dagli scenari previsti dall'ultima edizione della Strategia Energetica Nazionale (SEN) e al fine di raggiungere gli obiettivi proposti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), le attività di ricerca - articolate su quattro filoni di ricerca: nuovi modelli, architetture e logiche di controllo della rete - flessibilità del sistema elettrico - , aggregazione di risorse distribuite ; previsione di generazione e carico - hanno permesso in particolare di:

- Valutare alternative di pianificazione ed esercizio, validare modalità di esercizio delle reti a regime e in caso di guasto, migliorare l'osservabilità, il monitoraggio e l'analisi della stabilità e del livello di Power Quality
- Prendere in considerazione reti di distribuzione miste in corrente alternata (c.a.) e in corrente continua (c.c.), reti organizzate in microreti, in cluster o in aggregati

- Valutare il ruolo degli attori principali, quali risorse distribuite, fonti rinnovabili non programmabili, impianti termoelettrici a cicli combinati, sistemi di pompaggio idroelettrico, sistemi di accumulo elettrochimico, utenti attivi, in ottica di fornitura di servizi di flessibilità alla rete
- Produrre analisi di adeguatezza per la regolazione di frequenza e partecipazione al mercato del bilanciamento e dei servizi di dispacciamento (MSD)
- Sviluppare nuove tecniche di previsione della generazione e del carico, necessarie per la definizione e lo sviluppo dei sistemi di gestione energetica delle reti nelle varie configurazioni, per garantire l'esercizio delle reti in tali contesti. Per sperimentare le soluzioni innovative sviluppate dal progetto si sono svolte prove Hardware in The Loop ed è stata potenziata la Test Facility di Generazione Distribuita di RSE integrando un impianto multi-energy e realizzando una rete multilivello di tensione MT e BT ibrida c.a./c.c. multiterminale.

Il progetto ha, inoltre, contribuito alle iniziative per accelerare l'innovazione del sistema elettro-energetico nazionale e fornito spunti per ricerche future, alla definizione dei piani strategici e di implementazione di R&I a livello nazionale e internazionale (EERA, ISGAN, Mission Innovation) e alle attività di standardizzazione tecnica (CEI, CENELEC, IEC). Le attività di ricerca hanno visto la collaborazione con università nazionali, centri di ricerca nazionali e internazionali, progetti UE, distributori e gestori della rete di trasmissione, al fine di garantire la diffusione e l'applicazione dei risultati e massimizzare i benefici per il sistema elettrico e gli utenti.

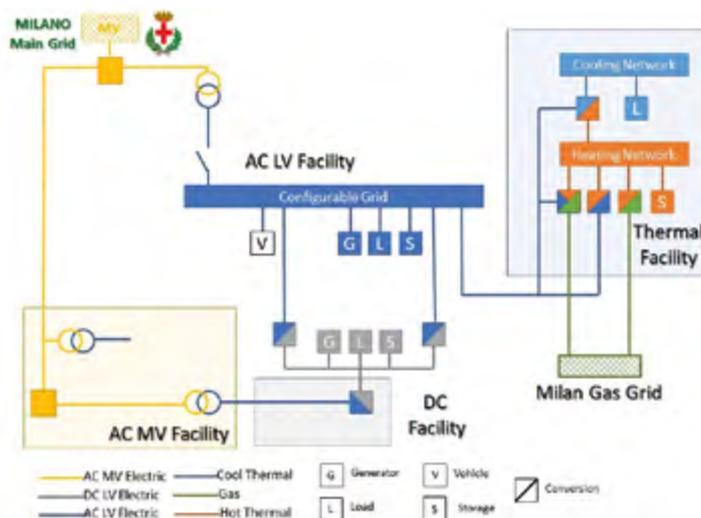
Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Chiara Gandolfi
chiara.gandolfi@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/modelli-di-architettura-e-di-gestione-del-sistema-e-delle-reti-elettriche-931/>

Distributed Energy Resource
Test Facility con potenziamento
MT, c.a./c.c. e multi-energy.



Setup validazione sperimentale
Hardware in The Loop dei
controlli sviluppati.



Applicazione al sistema elettrico, come atteso in evoluzione (tema 2.2) e anche per migliorare sicurezza e resilienza, di tecnologie dell'informazione, internet delle cose peer to peer

Il progetto è indirizzato allo sviluppo di metodi, strumenti, dimostratori e sperimentazioni per valutare le possibilità applicative delle più moderne tecnologie informatiche e di comunicazione a vantaggio del sistema elettro-energetico, per favorire l'interoperabilità e la sicurezza dei sistemi di comunicazione e di elaborazione. Tali tecnologie consentono di affrontare la crescente complessità di gestione e controllo del sistema, dovuta alla significativa presenza di fonti energetiche rinnovabili non programmabili, mediante lo sfruttamento della flessibilità di tutte le risorse energetiche disponibili e con il coinvolgimento di nuovi soggetti, compresi gli utenti finali. Un altro importante tema è quello del miglioramento della sicurezza e della resilienza ad attacchi malevoli o a guasti di infrastrutture informatiche e di comunicazione necessarie alla gestione del sistema elettrico, affrontato dal progetto mediante lo studio di metodologie per valutare la sicurezza delle infrastrutture informatiche e lo sviluppo di modelli grafico-probabilistici per l'analisi di possibili percorsi di attacco per i sistemi utilizzati dagli operatori di rete e per architetture emergenti nel contesto IoT e fog/edge/cloud computing.

Le attività di ricerca hanno portato, in particolare:

- Alla realizzazione di una piattaforma dimostrativa per architetture di fog/edge/cloud computing, applicata a casi di osservabilità della rete mediante PMU (Phasor Measurement Unit) e controllo di microreti, e di una piattaforma per la

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Carlo Ismaele Tornelli
carlo.tornelli@rse-web.it

gestione integrata di reti energetiche, basata su modelli semantici per i dati, che è stata applicata a reti elettriche e di teleriscaldamento.

- Alla sperimentazione di tecnologie di comunicazione Low Power WAN per il monitoraggio di linee elettriche aeree e di cavi interrati ed effettuati studi e valutazioni per le tecnologie 5G.
- Allo sviluppo di processi di elaborazione di dati di esercizio delle reti elettriche o di monitoraggio e diagnostica di loro componenti, considerando anche architetture e tecnologie per l'analisi di grandi quantità di dati, con tecniche di intelligenza artificiale.
- Allo sviluppo di un emulatore del comportamento energetico e degli scambi informativi associati agli utenti e di un dimostratore di meccanismi di mercato basato su tecnologie blockchain, per la valutazione di modelli di partecipazione attiva degli utenti finali.
- Allo sviluppo di ambienti di prova per la verifica sperimentale di tecnologie di sicurezza cibernetica, in particolare per gli standard e i protocolli utilizzati dagli operatori di rete. Si è realizzato un insieme coordinato di strumenti di monitoraggio e di riconoscimento di condizioni di funzionamento anomale delle infrastrutture informatiche che consente l'attivazione tempestiva di azioni di contrasto agli attacchi e di ripristino del servizio. Per sperimentare l'efficacia delle tecniche di riconoscimento di attacchi informatici l'ambiente di prova include strumenti per attuare singoli passi di attacco.
- Alla realizzazione di dimostratore di un sistema di autenticazione di chiavi pubbliche per dispositivi IoT basato su blockchain, per la gestione delle chiavi di sicurezza.
- Alla produzione, mediante la simulazione di scenari di resilienza del sistema cyber-power, di stime dell'impatto di attacchi informatici su processi del sistema elettrico e sul servizio agli utenti.

<https://www.rse-web.it/progetti/applicazione-al-sistema-elettrico-come-atteso-in-evoluzione-tema-2-2-e-anche-per-migliorare-sicurezza-e-resilienza-di-tecnologie-dellinformazione-internet-delle-cose-peer-to-peer-932/>

Interoperabilità e sicurezza dei sistemi di comunicazione e di elaborazione.



Il Laboratorio IoT-Big Data di RSE.



Integrazione e coordinamento del sistema elettrico con altri sistemi (in particolare gas e idrico) e analisi di fabbisogno, disponibilità, prestazioni e costi di sistemi di accumulo

Il tema dell'integrazione tra i settori energetici sta assumendo una rilevanza tanto maggiore quanto più ambiziosi diventano gli obiettivi di decarbonizzazione. L'integrazione settoriale rappresenterà una delle leve principali per consentire il proseguimento della penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili (FER) nella generazione di elettricità e rendere più efficiente la transizione energetica.

Il progetto, il cui carattere distintivo consiste nel coniugare lo studio dell'integrazione tra settori con la valutazione della disponibilità della risorsa, si propone di fornire un contributo al miglioramento della sostenibilità del sistema energetico grazie ad una migliore conoscenza della disponibilità delle FER e all'utilizzo di un approccio integrato in grado di sfruttare le sinergie tra i diversi settori.

Tale obiettivo è perseguito dal progetto attraverso attività di ricerca, distinte ma interdipendenti, che hanno per oggetto: la disponibilità delle fonti energetiche rinnovabili sul territorio nazionale, a supporto di analisi energetiche e della definizione di percorsi di sviluppo coerenti con gli obiettivi dei documenti strategici nazionali (SEN, PNIEC); metodologie e modelli per lo studio del sistema energetico integrato a diverse scale, per fornire supporto alla pianificazione energetica di un territorio; l'applicazione dell'approccio integrato a settori o casi specifici ma di rilevanza generale. Queste tre attività mettono a disposizione sia dati, sia modelli e metodologie, sia casi concreti per l'applicazione di un approccio integrato al sistema energetico nazionale a diverse scale. Le attività di ricerca hanno consentito, in particolare di:

- Produrre valutazioni di disponibilità territoriale delle fonti energetiche rinnovabili, attraverso l'uso di modelli e dati sperimentali, confrontate con i vincoli tecnici e territoriali, inclusa una stima degli effetti dei cambiamenti climatici attesi sulla disponibilità delle FER prodotta, utilizzando i risultati dei più recenti modelli climatici. Le valutazioni ottenute sono rese disponibili attraverso atlanti interattivi, di tipo sia tematico sia integrato, con un quadro di sintesi su disponibilità di risorse, impatti, vincoli ed opportunità per l'integrazione dei vettori energetici sul territorio
- Sviluppare metodologie per la quantificazione dei servizi che possono essere erogati alla rete elettrica grazie alla gestione integrata di un impianto che utilizza diversi vettori energetici.
- Sviluppare modelli che, a scala territoriale, considerando disponibilità e domanda di risorse di un territorio, supportino la pianificazione energetica e, a scala nazionale, permettano di analizzare gli effetti e i limiti delle interazioni tra i sistemi elettrico e del gas, ai fini dell'individuazione di costi, benefici e necessità di supporto
- Applicare l'approccio integrato in due distinte situazioni: il caso delle isole non interconnesse (rappresentano un interessante laboratorio di applicazione di approcci di questo tipo), per favorire un incremento della penetrazione delle FER in queste situazioni territoriali attraverso una gestione integrata dei sistemi elettricità, acqua, gas, mobilità, supportando in ciò anche l'Autorità di regolazione e il Ministero dello Sviluppo Economico ai fini dell'applicazione del DM 14.02.2017 relativo alla decarbonizzazione delle isole minori; il caso della gestione combinata di calore ed elettricità in un impianto di teleriscaldamento, con lo scopo di valutare i vantaggi, per i diversi portatori di interessi, dell'impiego di soluzioni innovative volte a sfruttare le sinergie con la rete elettrica.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

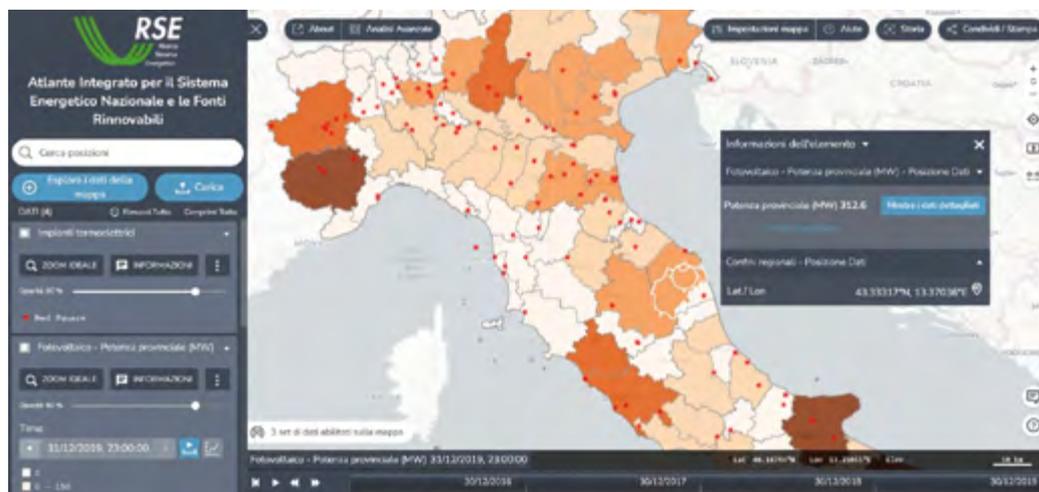
Referente: Stefano Maran
stefano.maran@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/integrazione-e-coordinamento-del-sistema-elettrico-con-altri-sistemi-inparticolare-gas-e-idrico-e-analisi-di-fabbisogno-disponibilita-prestazioni-e-costi-di-sistemi-di-accumulo-933/>

L'integrazione settoriale: una delle leve principali della decarbonizzazione.



L'Atlante Integrato: uno strumento essenziale per lo studio dell'integrazione delle Fonti Rinnovabili nel sistema elettro-energetico e nel territorio.





Modelli e strumenti di intervento, anche preventivo, per la difesa e il miglioramento della sicurezza e della resilienza delle reti

Le infrastrutture elettriche sono vulnerabili agli eventi meteorologici estremi, la cui crescente intensità e frequenza è dovuta ai cambiamenti climatici, e ad altri eventi ambientali e antropici. Le misure di mitigazione per garantire la continuità della fornitura di energia non possono consistere nel solo irrobustimento delle infrastrutture, poiché il costo sarebbe insostenibile. Serve quindi una visione olistica basata sul concetto di rischio che includa la caratterizzazione delle minacce, la valutazione della vulnerabilità delle infrastrutture e la definizione delle misure di mitigazione, reazione e ripristino del sistema elettrico. Il progetto si propone di fornire un contributo in tal senso prendendo in esame gli aspetti relativi alle minacce, alla vulnerabilità e sicurezza e all'incremento della resilienza delle reti elettriche, sviluppando studi, modelli e strumenti idonei allo scopo.

Le attività di ricerca hanno consentito in particolare di:

- Analizzare, utilizzando il dataset di rianalisi meteorologica MERIDA, gli eventi estremi meteorologici che causano i maggiori disservizi per le infrastrutture elettriche (minacce studiate: neve umida, piogge intense, venti forti, ondate di calore)
- Valutare, sulla base dei dati dei modelli climatici, come potranno inasprirsi i fenomeni estremi sul lungo periodo per differenti scenari di emissione
- Valutare l'efficacia delle azioni di contrasto ai cambiamenti climatici, sulla base delle emissioni dei gas climalteranti, stimate con tecniche di inversione

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Francesco Apadula
francesco.apadula@rse-web.it

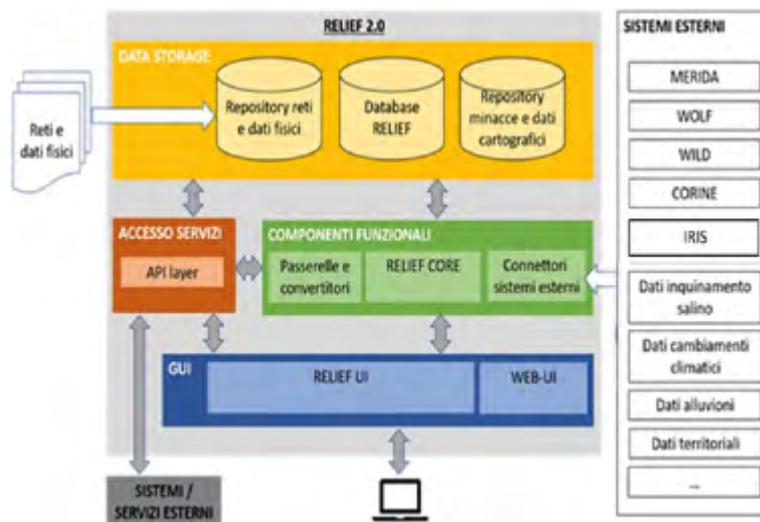
<https://www.rse-web.it/progetti/modelli-e-strumenti-di-intervento-anche-preventivo-per-la-difesa-e-il-miglioramento-della-sicurezza-e-della-resilienza-delle-reti-934/>

- Analizzare i dissesti idrogeologici, anch'essi di grande impatto sul sistema energetico e a loro volta influenzati dalle variazioni meteo-climatiche
- Approfondire i modelli di vulnerabilità dei componenti della rete elettrica alla minaccia neve umida e definire nuovi modelli di vulnerabilità per altre minacce (inquinamento salino, ondate di calore, colate detritiche), sia per analisi di resilienza di lungo termine (per determinare il tempo di ritorno dei guasti) sia per la programmazione dell'esercizio mediante l'anticipazione di situazioni critiche di rete
- Sviluppare metodi per la valutazione e il controllo probabilistico del comportamento di sistemi elettrici estesi a fronte di contingenze e in presenza di incertezze previsionali della generazione da fonti rinnovabili non programmabili e dei carichi
- Sviluppare una modellazione degli effetti di determinate tipologie di attacchi cyber su un esempio di sistema di difesa del sistema elettrico, valutando il rischio di disalimentazione del carico
- Sviluppare metodi per valutare la sicurezza degli impianti idroelettrici a fronte di eventi sismici, problemi strutturali e di invecchiamento, tenuto conto che questi impianti forniscono un importante contributo al bilanciamento della rete grazie alla loro generazione flessibile e capacità di accumulo, e considerandone l'età media elevata (gli interventi di ripristino, negli ultimi anni, sono in forte crescita)
- Realizzare uno strumento SW per la valutazione e il miglioramento della resilienza della rete elettrica a fronte di minacce, che consente la visualizzazione georeferenziata dei risultati delle analisi in ambiente GIS; il prodotto individua un insieme efficace di misure attive e passive per il miglioramento della resilienza tramite analisi costi-benefici, considerando orizzonti temporali sia di lungo (quali i cambiamenti climatici) sia di breve termine (dalla programmazione dell'esercizio alla pianificazione degli investimenti di irrobustimento dell'infrastruttura) nel processo decisionale. Si sono anche proposte linee strategiche per il coordinamento dei piani per la resilienza delle reti di trasmissione e distribuzione.

- Migliorare gli attuali sistemi di previsione e allerta dei rischi diretti e indiretti per la rete, nei sistemi WOLF (neve umida)

e WILD (forti venti e caduta piante) sviluppando anche un sistema prototipale di allerta temporali.

RELIEF 2.0: uno strumento SW per la valutazione e il miglioramento della resilienza del sistema elettrico a fronte di minacce esterne.



Eventi meteorologici estremi che impattano sulle infrastrutture elettriche.





Scenari e strumenti per la mobilità elettrica e relativa integrazione e interazione con il sistema elettrico

Il progetto ha messo a frutto le competenze di RSE per lo sviluppo di nuovi strumenti atti a fornire ai decisori politici indicazioni affidabili e puntuali sulle potenzialità/criticità dello sviluppo della mobilità elettrica e sostenibile in Italia e ad indicare agli operatori soluzioni e strategie per facilitare la penetrazione del vettore elettrico nei trasporti.

Il progetto, ruota attorno alla complessa relazione tra il mondo dei trasporti e il settore elettro-energetico, affrontando i seguenti temi: degli scenari e strumenti per la mobilità elettrica, attraverso lo sviluppo di modellistica ambientale e trasportistica; della mobilità elettrica e relativa integrazione e interazione con il sistema elettrico, analizzando l'elettrificazione di varie forme di trasporto, per fare in modo che i veicoli elettrici dal rappresentare un rischio per la rete elettrica possano configurarsi come una opportunità per la stessa e l'utilizzo dei veicoli elettrici come strumento di flessibilità, in un'ottica di evoluzione del sistema elettrico sempre più spinta verso la fonte rinnovabile; delle potenzialità dell'utilizzo dell'idrogeno nei trasporti, come opportunità per la decarbonizzazione, in sinergia e a integrazione della mobilità elettrica a batteria, nell'ottica di supportare la transizione dei trasporti verso una maggiore sostenibilità complessiva.

Le attività di ricerca hanno consentito, in particolare, di:

- Supportare le decisioni di policy tramite modellistica integrata e tool che permettano di quantificare gli effetti dell'evoluzione del settore dei trasporti. Per ottenere una rappresentazione sempre

più integrata e accurata della transizione energetica dei trasporti e dei suoi effetti, sono stati utilizzati modelli di traffico con approccio Big/Open Data, modelli energetici, modelli di qualità dell'aria e di impatto sulla salute, modelli di tipo LCA per il confronto tra tecnologie

- Valutare le potenzialità e l'impatto della transizione in elettrico della mobilità, al di là dell'auto privata. A partire dall'analisi dello stato dell'arte, sia dal punto di vista trasportistico che tecnologico, sono stati valutati scenari di diffusione, necessità infrastrutturali ed impatti dell'elettrificazione del settore del trasporto pubblico, delle merci, della raccolta rifiuti, della cantieristica e del trasporto nautico, mantenendo comunque una certa attenzione anche al campo dei veicoli privati
- Valutare le potenzialità tecnico-economiche ed effettuare test sul campo per soluzioni di ricarica dinamica, sia "monodirezionale" (Smart Charging), che "bidirezionale" (Vehicle-To-Grid). La flotta RSE è stata utilizzata come caso d'uso e test dell'elettrificazione e delle necessarie soluzioni tecnico-gestionali. Una forte attenzione è stata mantenuta sulla valutazione dell'impatto sulle reti di distribuzione della ricarica dei veicoli elettrici, pubblici e privati
- Valutare le opportunità offerte dall'utilizzo dell'idrogeno nell'ambito della mobilità, partendo da un esame dello stato dell'arte della tecnologia, mediante un'analisi delle caratteristiche tecniche, energetiche, economiche e normative di alcune soluzioni per il trasporto privato, il trasporto pubblico locale su gomma, il trasporto nautico e il trasporto ferroviario su linee non elettrificate.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Filippo Colzi
filippo.colzi@rse-web.it

<https://www.rse-web.it/progetti/scenari-e-strumenti-per-la-mobilit-elettrica-e-relativa-integrazione-e-interazione-con-il-sistema-elettrico-928/>

La mobilità elettrica e la sua integrazione e interazione con il sistema elettrico.



Elettrificazione flotte aziendali: l'area di ricarica RSE.





Modelli e strumenti per incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di produzione, trasporto, distribuzione dell'elettricità

Le tecnologie disponibili per la creazione di sistemi energetici locali basati sulla presenza di dispositivi di approvvigionamento energetico e di distribuzione alla scala locale (Smart grid, Microgrid) stanno raggiungendo un livello di maturità tale da ipotizzarne rapidamente una diffusione su larga scala.

La direttiva 2018/2001 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (direttiva RED II) e la direttiva 2019/944 del 5 giugno 2019 relativa a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica (direttiva IEM) hanno introdotto nell'ordinamento comunitario nuovi schemi di autoconsumo individuale e collettivo (1-N, un impianto di generazione e più consumatori); e hanno definito le "Comunità dell'Energia" (soggetti giuridici i cui membri sono persone fisiche, autorità locali, comprese le amministrazioni comunali, e piccole e medie aziende) che possono scambiare, al loro interno, l'energia prodotta dalle unità di produzione di loro proprietà, accedere a tutti i mercati dell'energia elettrica e ricoprire il ruolo di produttori, consumatori, fornitori e gestori della rete di distribuzione.

Il progetto si propone di contribuire attivamente al processo di recepimento delle direttive citate analizzando costi e benefici (sia per i soggetti coinvolti che per il sistema elettro-energetico nel suo complesso) di "Comunità dell'Energia" e schemi di "Autoconsumo Collettivo", dal punto di vista energetico, economico e ambientale, considerandone potenziale replicabilità e scalabilità e individuando le barriere (regolatorie, tecniche, normative, amministrative, ambientali, sociali, ecc.) che potrebbero limitarne lo sviluppo in

vista della futura replicabilità di progetti simili.

Le attività di ricerca hanno consentito, in particolare la realizzazione, lo studio, il monitoraggio e la valutazione di "progetti pilota" di "Comunità di Energia Rinnovabile" e di schemi di "Autoconsumo Collettivo" valutandone concretamente la fattibilità e i potenziali benefici, in anticipo rispetto al pieno recepimento di tali direttive nel quadro legislativo e regolatorio nazionale. A tal fine, RSE ha operato in stretta collaborazione con i soggetti locali interessati, svolgendo funzioni di coordinamento, di supporto alla progettazione (anche dal punto di vista regolatorio e tecnologico, di monitoraggio e di valutazione dei risultati dei progetti pilota realizzati, ai fini delle analisi sopra citate. A ciò si aggiunge la produzione, in ottemperanza all'art. 3, comma 6 del decreto 9 agosto 2019, di aggiornamenti periodici all'Osservatorio della Regolazione istituito presso ARERA.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Fabio Armanasco
fabio.armanasco@rse-web.it

: <https://www.rse-web.it/progetti/modelli-e-strumenti-per-incrementare-lefficienza-energetica-nel-ciclo-di-produzione-trasporto-distribuzione-delleletticit935/>



RSEview 2021 "Le comunità energetiche in Italia".

Le "Comunità dell'Energia".



ENEREA

Fotovoltaico ad alta efficienza

Il fotovoltaico (FV) sta diventando la via più economica di generazione di energia elettrica in molti paesi e segmenti di mercato. Conseguentemente lo sviluppo di celle e moduli FV innovativi risulta determinante per favorire il processo di decarbonizzazione delle fonti di energia, fondamentale al fine di contenere l'innalzamento medio globale della temperatura entro i limiti previsti dall'Accordo di Parigi del 2016. Inoltre, dal punto di vista nazionale, lo studio di nuove tecnologie FV può supportare l'industria italiana operante nel settore, promuovendo eventualmente anche la creazione di nuove industrie, facilitando in tal modo il percorso indicato nel piano energetico nazionale la cui attuazione comporterà un rilevante incremento delle installazioni fotovoltaiche sul territorio nazionale. Il progetto ha la finalità di sviluppare celle solari ad alta efficienza, materiali innovativi per applicazioni fotovoltaiche, architetture di dispositivo e sistemi fotovoltaici da utilizzare per l'integrazione in edilizia o in altri contesti particolari.

Il concetto di alta efficienza presuppone l'utilizzo di una cella solare a multigiunzione realizzata cioè da due o più giunzioni collegate in serie ognuna delle quali assorba una regione spettrale della radiazione solare. In questo modo è possibile sfruttare al meglio la luce incidente sul dispositivo, consentendo un potenziale incremento di efficienza. In particolare, nel progetto sono sviluppate celle solari tandem, fabbricate

collegando in serie una cella posteriore in silicio cristallino e una cella frontale realizzata con un film sottile assorbitore in perovskite o kesterite, con l'obiettivo di realizzare dispositivi ad alta efficienza. Lo studio pone grande attenzione all'utilizzo di materiali e architetture di dispositivo che consentano di ottenere prestazioni stabili nel tempo e di processi scalabili su aree tali da risultare potenzialmente interessanti in un'ottica industriale di medio/lungo termine. La ricerca è, poi, focalizzata sullo sviluppo di dispositivi e sistemi per varie applicazioni quali ad esempio l'integrazione dei moduli FV negli edifici o in contesti rurali, dove è necessario trovare soluzioni appropriate sia in considerazione dell'applicazione considerata che dal punto di vista della produzione di energia elettrica.

Le attività hanno raggiunto i seguenti principali risultati:

- ▶ Nuovi materiali per celle solari a base di perovskite e potenziali applicazioni nel FV di film di grafene
- ▶ Materiali e architetture di dispositivo innovativi per celle ad eterogiunzione di silicio
- ▶ Celle solari tandem realizzate con una componente posteriore in silicio cristallino e una cella frontale in perovskite con efficienza maggiore del 27%
- ▶ Moduli FV in perovskite su area fino a 15 x15 cm² con efficienza superiore al 15% con contatto metallico e al 10% con contatto semi-trasparente
- ▶ Prototipo di attrezzatura per lo studio di tecniche di embossing per i vetri da utilizzare per i moduli fotovoltaici
- ▶ Serra fotovoltaica sperimentale di circa 16 m² e serra con copertura FV di larga scala (circa 100 m²) da utilizzare per valutare l'influenza di componenti fotovoltaici sulla crescita delle colture in involucri semitrasparenti.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Paola Delli Veneri
paola.delliveneri@enea.it

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MISE-ENEA-2019-2021/tecnologie/fotovoltaico-ad-alta-efficienza

Intera linea di glove box per la realizzazione di celle solari in perovskite nelle camere bianche del CR ENEA di Portici. In primo piano l'evaporatore per le perovskiti recentemente installato.



Sistema PECVD utilizzato per la deposizione delle celle solari ad eterogiunzione di silicio installato nelle camere bianche del CR ENEA di Portici.



Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti

Nel contesto del processo di decarbonizzazione del sistema energetico, i sistemi di accumulo dell'energia, attraverso un approccio che mira alla integrazione e complementarietà delle diverse soluzioni disponibili (accumulo elettrico, termico e P2G), potranno garantire il bilanciamento di reti elettriche con elevata generazione da fonti rinnovabili non programmabili (vRES) ed una maggiore capacità di accumulo stagionale e, al tempo stesso, favorire la penetrazione delle FER in settori energivori tra cui quello dei trasporti e industriale. Il progetto, nel suo complesso, mira a minimizzare i rischi di esercizio, i costi di manutenzione e di investimento, l'affidabilità, l'eco-compatibilità e l'efficienza, delle diverse tecnologie di accumulo sopra descritte. Di seguito sono illustrati i programmi di ricerca specifici relativamente ai 3 work package (WP) di progetto.

➤ **WP1 Accumulo elettrochimico:** il programma di ricerca ha perseguito l'intera catena del valore della batteria, dallo sviluppo di nuovi materiali a nuovi sistemi di batterie. L'obiettivo generale è stato quello di sviluppare tecnologie di accumulo e conversione dell'energia ad alte prestazioni, durature ed economiche ed a minore impatto ambientale. Nello specifico sono stati condotti studi su materiali elettrochimici per batterie litio-ione ed in particolare su anodi e catodi ad elevata capacità e catodi ad elevata tensione di lavoro prodotti con materiali abbondanti e poco costosi. Si è arrivati anche allo sviluppo di processi produttivi per la realizzazione dei

materiali catodici. Le attività di ricerca hanno riguardato oltre la tecnologia agli ioni di litio, anche le batterie innovative post litio-ione (Na e S) ed il riuso delle batterie.

➤ **WP2 Accumulo termico:** l'obiettivo del progetto ha puntato allo studio e sviluppo soluzioni innovative e compatte, basate su reazioni termochimiche, moduli cementizi e materiali a cambiamento di fase (PCM). Il primo, per applicazioni anche di tipo stagionale, è stato finalizzato all'individuazione di composti reattivi reversibili che possano convertire l'energia termica ad alta temperatura in energia chimica da restituire come calore, a differente temperatura e pressione (in particolare reazioni gas-solido, con ossidi metallici e carbonati). È stata valutata, in particolare, la densità di accumulo effettiva, la cinetica e la frazione di materiale reattivo. Le analisi teoriche si sono avvalse di sperimentazioni con un set-up, appositamente progettato e realizzato. Sia per i materiali cementizi che per i PCM, l'obiettivo è stato quello di ridurre i tempi di carico e scarico termico e di sviluppare metodi previsionali di tipo CFD, FEM e semplificati che consentano di sviluppare materiali e moduli di accumulo ottimizzati in funzione delle applicazioni specifiche, da sottoporre a sperimentazione. Lo sviluppo tecnologico è stato affiancato da analisi sulla sostenibilità economica delle tecnologie proposte e da studi sull'integrazione con sistemi di produzione energetica di tipo rinnovabile.

➤ **WP3 Power to Gas:** le attività hanno riguardato le tecnologie della catena P2G e P2L (Power to Gas e Power to Liquid) compresa la generazione elettrica flessibile da turbogas, come soluzione integrata per aumentare la sicurezza del sistema elettrico, favorire la sua progressiva decarbonizzazione e la penetrazione delle rinnovabili. La produzione di idrogeno dall'eccesso di vRES è un elemento chiave della catena: sono stati studiati e sviluppati 4 processi innovativi, 2 di tipo

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Giulia Monteleone
giulia.monteleone@enea.it

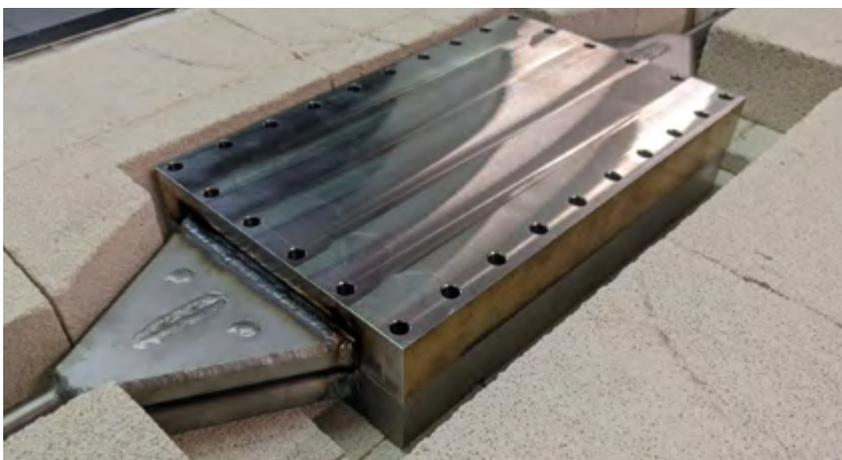
https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MISE-ENEA-2019-2021/tecnologie/sistemi-di-accumulo-e-relative-interfacce-con-le-reti

elettrochimico (elettrolisi con membrana a scambio anionico e in carbonati fusi), alternativi ai maturi Alcalino e PEM, e 2 di tipo termochimico (cicli di water splitting e conversione del biogas a bassa temperatura). L'idrogeno così prodotto può poi essere iniettato nella rete del GN o trasformato in combustibili gassosi (metano) e liquidi (DME) da immettere sul mercato o da reimpiegare per la generazione elettrica da turbogas, il miglior candidato per servizi di back-up. Questo consentirebbe di assorbire l'eccesso di produzione da vRES e rilasciarlo dove e quando serve. Nonostante i turbogas siano percepiti come tecnologie mature, il loro esercizio flessibile richiede studi e validazioni di tipo sperimentale ed adeguamento di componenti e sistemi.

Dispositivo sperimentale per la caratterizzazione di diverse configurazioni di accumulo termico con materiali a cambiamento di fase (WP2).



Reattore planare a membrana per la produzione di idrogeno da biogas (WP3).



Materiali di frontiera per usi energetici

Nell'ambito dell'obiettivo generale, "Tecnologie: presidiare e sviluppare tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica", del Piano Triennale 2019-2021 della Ricerca di Sistema elettrico nazionale (RdS), le attività del progetto "Materiali di Frontiera per usi energetici", al quale hanno partecipato anche INSTM, UNIBO, UNINA, UNIROMA1, UNISA e UNISalento, hanno previsto da una parte lo studio di materiali di tipo termo- e piroelettrico e la realizzazione di microgeneratori (WP1-WP2) e dall'altra lo studio di materiali per l'Additive Manufacturing e la realizzazione di dimostratori mediante stampa 3D per applicazioni nel settore energetico (WP3-WP4).

I materiali termo- e piroelettrici consentono di produrre energia elettrica a partire da energia termica, proveniente ad esempio da cascami di calore (energy harvesting), ovvero flussi di calore di scarto a temperature non interessanti per i convenzionali processi di recupero del calore. Questi possono provenire da processi industriali o essere generati in ambito domestico. Le attività sperimentali sono state focalizzate sulla preparazione di materiali, sia organici che inorganici, mediante processi sia fisici che chimici e sulla realizzazione di dispositivi, anche mediante tecniche a basso costo, quali la stampa rotocalco e la stampa serigrafica di film di materiali, quali il PEDOT: PSS, su supporti rigidi e flessibili. È stato progettato e realizzato un reattore chimico per la sintesi di nanoparticelle di ZnS e ZnO, in forma di wurtzite, in quantità dell'ordine della decina di

grammi, che sono state successivamente sinterizzate in un processo termico-meccanico opportunamente studiato. Le attività relative all'Additive manufacturing sono state svolte con l'intento di dimostrare le potenzialità di queste tecnologie, passando attraverso lo sviluppo di nuovi materiali e la realizzazione di dimostratori per applicazioni nel settore energetico. Una linea ha visto la preparazione di una pasta ceramica di tialite e le indagini finalizzate alla definizione del ciclo termico di sinterizzazione.

A partire dalla pasta ceramica ottimizzata è stato realizzato un dimostratore mediante stampa 3D per applicazioni in impianti di produzione di energia elettrica da biomasse. Sono stati da una parte realizzati dei filamenti caricati con particelle metalliche per la stampa in processi di tipo ADAM / BMD che consentono di realizzare componenti metalliche a partire da materiali polimerici compositi e dall'altra è stato implementato il plasma termico presente in ENEA per la realizzazione di polveri metalliche e ceramiche. L'acquisizione di queste tecnologie e conoscenze potrà consentire in futuro la realizzazione di componenti in leghe metalliche con composizione personalizzata sulla base di determinate specifiche tecniche. Il progetto ha previsto anche un'attività di alloy design con l'intento di realizzare una lega ottimizzata per lo scambio termico in ambiente alcalino, quale quello presente all'interno delle macchine ad assorbimento a ciclo acqua-ammoniaca, utilizzate per i sistemi di riscaldamento e refrigerazione basati sull'energia solare.

La lega è stata prodotta mediante gas atomizzazione e sono stati realizzati dei campioni mediante il processo di stampa DMLS (Direct Metal Laser Sintering), al fine dell'ottimizzazione dei parametri di stampa. Inoltre, sono stati realizzati, mediante stampa 3D, e testati scambiatori di calore, con una particolare geometria interna basata su un progetto dell'ENEA, in materiale polimerico, in materiale composito e in lega metallica.

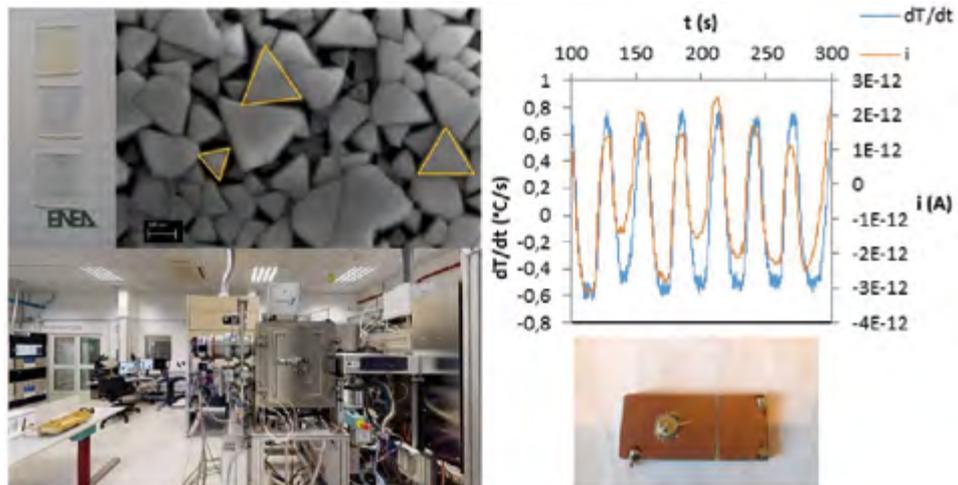
Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

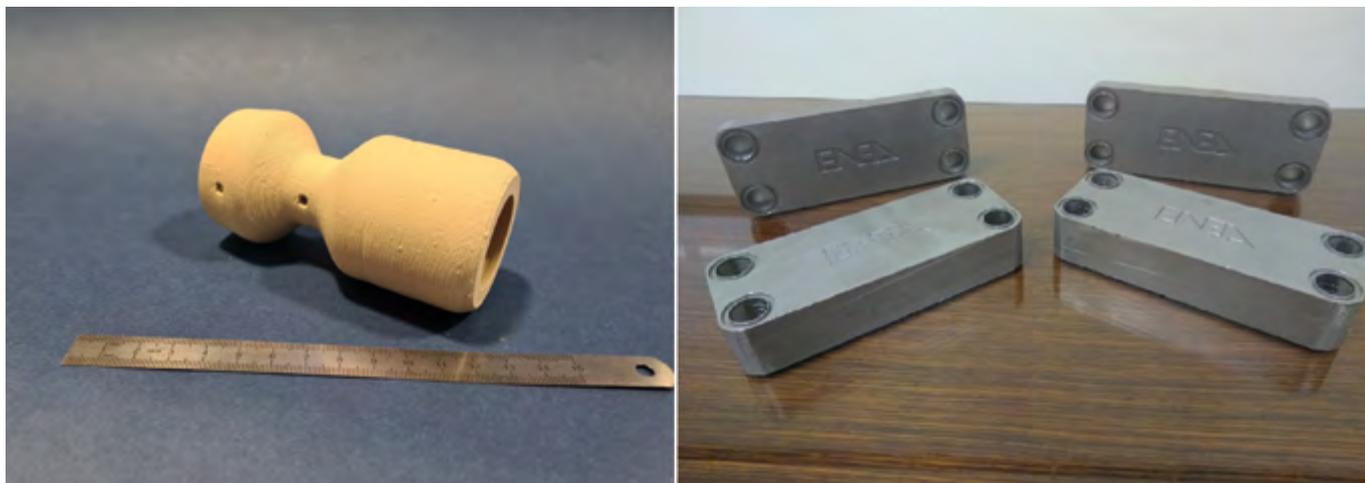
Referente: Daniele Mirabile Gattia
daniele.mirabile@enea.it

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MISE-ENEA-2019-2021/tecnologie/materiali-di-frontiera-per-usi-energetici

Realizzazione di film sottili di materiali termoelettrici con tecniche PVD e dispositivo piroelettrico e corrente piroelettrica su un campione ceramico di ZnS.



Componente, realizzato mediante LDM, per impianti di produzione di energia elettrica da biomasse e scambiatori di calore in lega metallica realizzati mediante stampa 3D, processo DMLS.





Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti

Il progetto ha proposto tematiche che riguardano soluzioni e tecnologie per incrementare le prestazioni degli edifici e la produzione di energia rinnovabile (su scala locale e territoriale), ottimizzare la gestione dei flussi energetici e migliorare le abitudini di consumo degli utenti. Una parte delle attività ha riguardato lo sviluppo di strumenti di calcolo per l'analisi del fabbisogno energetico di edifici ad alta efficienza più evolute in grado di fornire valutazioni energetiche, economiche ed ambientali più accurate. Sono stati analizzati differenti modelli di edifici in ottica Zero Energy Buildings (ZEB), verificando la fattibilità tecnica ed economica delle tecnologie utilizzate al variare delle condizioni climatiche.

Sono state redatte delle linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici in ambiente BIM ed è stata investigata la fattibilità economica e il vantaggio competitivo derivante dall'applicazione di procedure/piattaforme open BIM al ciclo di vita di Zero Energy Buildings. È stata proposta una metodologia di studio e uno strumento per supportare il processo di recupero ed efficientamento del patrimonio edilizio tramite un approccio multi-scala che integra la prospettiva del singolo edificio con quella urbana e di quartiere, in un'ottica partecipativa adattata a contesti caratterizzati da limitato accesso a risorse economiche ed umane.

Un'altra attività ha riguardato la valutazione dell'impatto dell'uso di coltri vegetali (pareti e tetti verdi) sulla mitigazione del fenomeno

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Giovanni Puglisi
giovanni.puglisi@enea.it

“isole di calore” e sul conseguente contributo alla riduzione dei consumi elettrici per la climatizzazione degli edifici e al miglioramento del clima urbano.

La gestione ottimizzata ed efficiente del sistema edificio-impianti è stata affrontata investigando molteplici configurazioni impiantistiche e strategie di funzionamento: modelli e dimostratori sperimentali per la gestione di edifici multiutenza secondo uno schema di “micro comunità energetica”, basata su sistemi ibridi per la generazione e accumulo dell'energia prodotta localmente da fonti rinnovabili; un prototipo in scala reale di un sistema di poligenerazione di energia (elettrica, termica e frigorifera), che integra energia solare, geotermica e da biomasse; soluzioni tecnologiche per una progressiva transizione energetica delle isole minori, quali sistemi innovativi alimentati da fonti rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria e il raffrescamento degli edifici e biodigestori di piccola taglia per la generazione di energia elettrica e termica a partire dalla frazione umida degli scarti domestici; configurazioni innovative di reti termiche efficienti (reti a bassa temperatura, neutre, attive con utenti prosumer e reti di teleraffrescamento) e modelli di ottimizzazione multi-obiettivo per il dimensionamento e la localizzazione ottimizzata dei componenti; soluzioni tecniche avanzate di accumulo del freddo con materiali PCM.

Per i contesti condominiali sono state analizzate le tecnologie IoT abilitanti per la gestione efficiente dei consumi energetici, mediante l'analisi dell'impatto di tali tecnologie sul miglioramento della consapevolezza e della fiducia degli utenti finali, sulle criticità energetiche e sull'efficientamento delle reti.

Infine, il progetto ha previsto lo sviluppo di componenti edilizi innovativi quali: un prototipo in scala di finestra intelligenti a matrice OLED con materiali emissivi, bio-ispirati e biodegradabili, in grado di ridurre il consumo energetico e favorire il benessere

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MiSE-ENEA-2019-2021/tecnologie/efficienza-energetica-e-risparmio-di-energia-negli-usi-finali-elettrici-degli-edifici

degli occupanti; un prototipo di dispositivo generatore di corrente DC, anch'esso realizzato con materiali biodegradabili e sostenibili, per alimentare OLED a basso consumo; un prototipo di elemento di

tamponatura che integra un sistema di accumulo elettrico, in grado di conferire alla tamponatura contemporaneamente funzione di accumulo e isolamento termico e acustico.

Impianto sperimentale FREE Solar COOling (FREESCOO) installato presso la sede ENEA del faro di Capo Grecale di Lampedusa.

Sottostazione per lo scambio termico bidirezionale.



Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

Tutti i Paesi sviluppati affrontano una grande sfida: far crescere le loro economie in modo sostenibile. La domanda di energia nel mondo è infatti in crescita e il settore industriale, responsabile del 30% dei consumi globali di energia elettrica, gioca in questo un ruolo fondamentale. L'incremento di efficienza energetica a parità di volumi di produzione risulta strategico al fine di conservare un margine di competitività a livello mondiale. È quindi estremamente importante conoscere, sviluppare e implementare diverse tecnologie e metodologie per l'efficienza energetica, e saper correttamente valutare i relativi costi e benefici, per promuovere il miglioramento delle modalità di consumo energetico senza compromettere la crescita economica. In questo ambito ENEA ha realizzato attività sull'etichettatura energetica e l'ecodesign dei prodotti connessi all'energia nei settori industriale, professionale e domestico, tematica per cui l'ente, già impegnato nel supporto al MISE/MITE, si è concentrato sulla sorveglianza del mercato di questi prodotti, attraverso la definizione di metodologie e l'analisi dei dati.

Altra tematica che è stata affrontata è quella dei processi di riqualificazione delle costruzioni residenziali, processi produttivi complessi che presentano un alto potenziale di efficientamento. Il progetto ha contribuito all'ottimizzazione di tali processi a partire dalla standardizzazione di soluzioni costruttive di tipo modulare (Off-Site Construction) e andando ad individuare best practice per l'ottimizzazione della filiera, al fine di garantire

contemporaneamente efficienza, tempi rapidi, realizzazione in presenza di abitanti, limitazioni di polveri nell'aria e costi contenuti. Sono state realizzate inoltre attività relative allo sviluppo di sistemi innovativi da utilizzare nell'implementazione della "Magnetic Induction Swing Adsorption" (MISA), tecnologia separativa innovativa, smart ed efficiente basata sulla possibilità di modulare la rigenerazione dei supporti adsorbenti mediante uno stimolo esterno elettromagnetico. Sono stati sviluppati e caratterizzati materiali compositi magnetici a elevata porosità ovvero frameworks organici o metallorganici contenenti nanoparticelle magnetiche. Sono stati inoltre oggetto di studio i processi produttivi di industrie altamente energivore quali la produzione di ferro, acciaio e cemento, che hanno già raggiunto livelli di efficienza molto elevati nell'uso delle risorse, ma che presentano potenziali ulteriori di miglioramento per quanto riguarda le emissioni di CO₂. Una riduzione sostanziale dell'anidride carbonica emessa dagli impianti industriali, non essendo conseguibile attraverso migliori tecnologie di processo, richiede infatti l'implementazione di tecnologie per la cattura e uso della CO₂. È stato realizzato un software di supporto alle decisioni per facilitare le aziende nella identificazione e prima valutazione delle opzioni recupero di calore a bassa temperatura. Il software, che realizza un'ottimizzazione semplificata del design dei processi termici e può essere utilizzato insieme a un database di progetti di recupero esistenti, consente alle aziende di realizzare business case e facilita il processo di finanziamento. È stata valorizzata la significativa banca dati costituita dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA a seguito del D.Lgs. 102/2014 determinando indici di riferimento affidabili per il settore produttivo manifatturiero focalizzati sui settori maggiormente energivori. Le informazioni derivanti dall'analisi dei dati sono state arricchite per i principali settori manifatturieri da caratterizzazioni dei processi produttivi e grazie all'interazione con associazioni di settore. Si è infine condotto un focus sugli

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Miriam Benedetti
miriam.benedetti@enea.it

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MISE-ENEA-2019-2021/tecnologie/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali

impianti di depurazione delle acque mettendo a punto strumenti per favorire la loro conversione in strutture in grado di assicurare

il recupero di risorse e principalmente di energia elettrica e termica, garantendo la qualità degli effluenti.

Output di supporto diretto all'utente: (1) guida all'etichetta energetica; (2) linee guida per cinque settori industriali; (3) schema software per identificazione di opportunità di recupero di calore.



(1)



(2)



(3)

Output sperimentali: (1) prove su tavole vibranti di pannelli isolanti; (2) dispositivo scala banco MISA; (3) impianto carbonatore e calcinatore; (4) digestione microaerobica fanghi di depurazione.



(1)



(2)



(3)



(4)

Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Il vettore elettrico è idoneo alla realizzazione di servizi flessibili, adattivi, facilmente misurabili ed integrabili e predisposti ad un nuovo modello di interazione con i fruitori di servizi energivori.

Il progetto si compone di tre WPs:

- WP1 - Local Energy District
- WP2 - Mobilità
- WP3 - Pompe di calore.

L'obiettivo del WP1 consiste nello sviluppo di un modello integrato di distretto urbano energetico che coniughi aspetti tecnologici e sociali, per il miglioramento dei servizi erogabili ai cittadini in quanto più efficienti in termini energetici e funzionali. La finalità ultima è che i servizi di quartiere siano gestiti in maniera ottimale, misurabile, trasparente, sinergica ed interoperabile ed il cittadino svolga un ruolo attivo nel processo di evoluzione del sistema elettrico.

Il WP1 si articola sulle seguenti attività:

- Servizi aggregati per smart homes e smart buildings di seconda generazione: nuove tecnologie mirate alle smart homes, includendo un'ottimale integrazione tra efficienza energetica, economia, sicurezza e servizi aggregati di assisted living, flessibilità ed integrazione tra rete elettrica ed edificio.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Claudia Meloni
claudia.meloni@enea.it

- Servizi Urbani Smart: digitalizzazione, ottimizzazione ed integrazione di tutte le infrastrutture del distretto con impatto sulla efficienza, qualità ed innovazione del servizio elettrico (rete di illuminazione pubblica, reti di edifici pubblici, etc). Definizione metodologica di piattaforme ICT aperte (Smart District Platform) ispirata ai principali standard internazionali ed alle tecnologie IoT.
- Energy communities: metodologie per lo sviluppo di smart energy communities e definizione di un modello di co-governance e tecnologie abilitanti per la partecipazione attiva dei cittadini attraverso un processo auto-organizzativo codificato per lo sviluppo della capacità di auto-gestire una serie di funzionalità connesse alla rete energetica.

WP2 - Mobilità: la diffusione di una mobilità elettrica sostenibile richiede soluzioni in grado di superare le criticità in termini di autonomia dei veicoli, facilità e rapidità di ricarica, sicurezza, durabilità e possibilità di riuso degli accumuli, esposizione ai CEM, impatto sulla rete di distribuzione dell'energia elettrica. Il WP affronta tali problematiche attraverso: prove di laboratorio per verificare fenomeni di invecchiamento e livelli di sicurezza di accumuli automotive in determinate condizioni di utilizzo; misure e simulazioni dei CEM generati da diversi componenti della e-mobility anche in combinazione fra di loro; sviluppo di prototipi di componenti veicolari innovativi e di sistemi bidirezionali di ricarica senza contatto per favorire lo scambio energetico con le utenze domestiche, di ricarica ad alta potenza a basso impatto sulla rete elettrica; implementazione di strumenti SW per la pianificazione e la gestione ottimale della mobilità elettrica urbana.

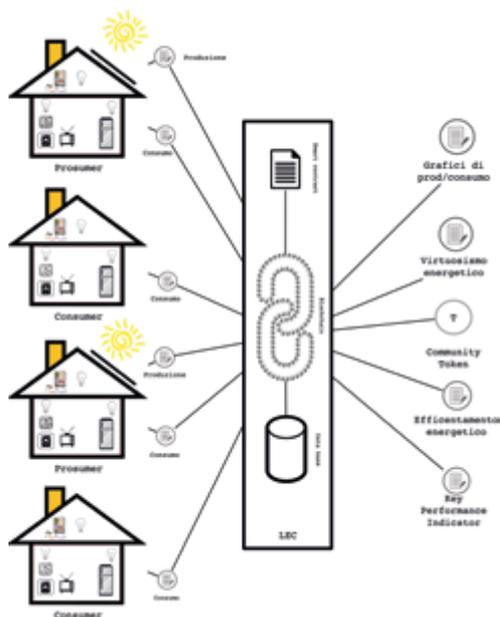
WP3 - Pompe di calore: le PdC elettriche aria-acqua sono impiegate per la climatizzazione e produzione di acqua calda sanitaria. Rispetto ad altre tecnologie, esse ricavano energia termica da fonti rinnovabili, quali aria, acqua o terreno. Le PdC

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MiSE-ENEA-2019-2021/tecnologie/tecnologie-per-la-penetrazione-efficiente-del-vettore-elettrico-negli-usi-finali

subiscono una riduzione di efficienza al ridursi della temperatura dell'aria, sia per cause termodinamiche (effetto Carnot) sia per l'attivazione di cicli di sbrinamento, che ne riducono l'effetto utile. Pertanto gli obiettivi da perseguire sono: miglioramento delle prestazioni, attraverso studi su componenti e cicli di sbrinamento; studio di sistemi che integrano le PdC con altre tecnologie

(accumuli innovativi, solare, ecc.) per incrementarne la flessibilità d'impiego (con riduzione dei picchi di carico) e minimizzare l'utilizzo delle fonti fossili; studio dei sostituti dei refrigeranti sintetici ad alto GWP, banditi dalle recenti normative europee, da scegliere tra i refrigeranti naturali (tra cui idrocarburi e CO_2), ecocompatibili, e i nuovi fluidi a basso GWP.

Il modello ENEA per le comunità energetiche.



URBE: la microcar elettrica sperimentale di ENEA.



Le attività previste hanno avuto come obiettivo la definizione di un layout full scale del convertitore di energia del moto ondoso PEWEC (PEndulum Wave Energy Converter), già sviluppato nell'ambito delle attività del PAR per il triennio 2015-2018 e di cui erano state validate le condizioni operative. Nuove tecniche di analisi e costruzione hanno consentito di ottimizzare il dispositivo in condizioni di onda estrema e per le caratteristiche del Mar Mediterraneo. Scopo specifico è stata la riduzione del costo dell'energia prodotta (LCoE-Levelized Cost of Energy) fino a valori compatibili con gli obiettivi stabiliti dal decreto energia DM. 14/02/2017. Le prestazioni di un modello di PEWEC in scala 1:25 sono state valutate ed ottimizzate attraverso prove sperimentali in vasca anche in condizioni estreme, implementando tecniche di controllo innovative (basate su MPC e Data-Drive) e loop di design ottimali sfruttando gli algoritmi di selezione (genetici). Questi ultimi insieme ai risultati delle prove in vasca permetteranno di progettare una versione in scala reale del dispositivo basata sulle condizioni marine tipiche dei siti mediterranei. In particolare, sono stati studiati:

- ▶ algoritmi genetici con diversi gradi di affidabilità (modelli lineari, non lineari e CFD) implementati sulle risorse di calcolo HPC (High Performance Calculation) di ENEA e Polito.
- ▶ tecniche di controllo avanzate principalmente su architettura data driven, per ottenere un incremento della produttività

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Gianmaria Sannino
gianmaria.sannino@enea.it

tra il 20% e il 50% e ridurre i costi di manutenzione (OPEX-Operative Expenditure) grazie ad una maggiore affidabilità del convertitore.

- ▶ materiali adatti alla produzione in serie, ad esempio il cemento marino, per ridurre gli investimenti necessari (CAPEX-Capital Expenditure) estendendo la vita media del dispositivo.

A supporto della progettazione del convertitore PEWEC, sono state realizzate attività modellistiche per la caratterizzazione della risorsa energetica marina nel bacino Mediterraneo per fornire dati aggiornati, ad alta risoluzione spaziale e per diverse scale temporali, utili alla valutazione della produttività energetica lungo le coste italiane. I risultati ottenuti consentono la valutazione della sostenibilità economica dei sistemi di produzione energetica in siti specifici e la loro compatibilità con altri usi delle risorse marine. Le diverse scale temporali analizzate vanno da quelle della previsione operativa a quelle climatiche. Le previsioni ad alta risoluzione spazio-temporale possono essere utilizzate per la calibrazione dei convertitori, contribuendo all'abbassamento del LCoE.

Le attività di modellistica sono state articolate sui seguenti obiettivi:

- ▶ Sviluppo del sistema operativo per la previsione delle correnti nel mare Mediterraneo, inclusa la componente mareale, e aggiornamento del sistema operativo di previsione delle onde finalizzati all'ottimizzazione dell'operatività dei dispositivi di conversione e all'abbassamento del LCoE.
- ▶ Valutazione della risorsa energetica marina a diverse scale temporali, da quella stagionale a quella climatica, per l'individuazione dei siti idonei alla produzione energetica anche a supporto della gestione dello spazio marittimo in presenza di usi del mare potenzialmente in conflitto.

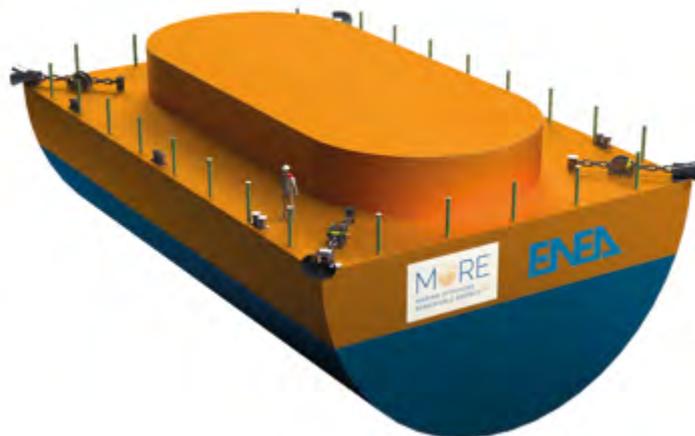
https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MISE-ENEA-2019-2021/tecnologie/energia-elettrica-dal-mare

- Realizzazione di una climatologia della circolazione marina e dello stato del mare con una versione climatica dei modelli operativi, in condizioni di clima presente e futuro, per la stima della disponibilità della risorsa futura.
- Studio dell'affidabilità delle previsioni stagionali dell'energia da diverse fonti rinnovabili disponibile in siti marini (moto ondoso, radiazione solare, intensità del vento), con l'obiettivo di valutare

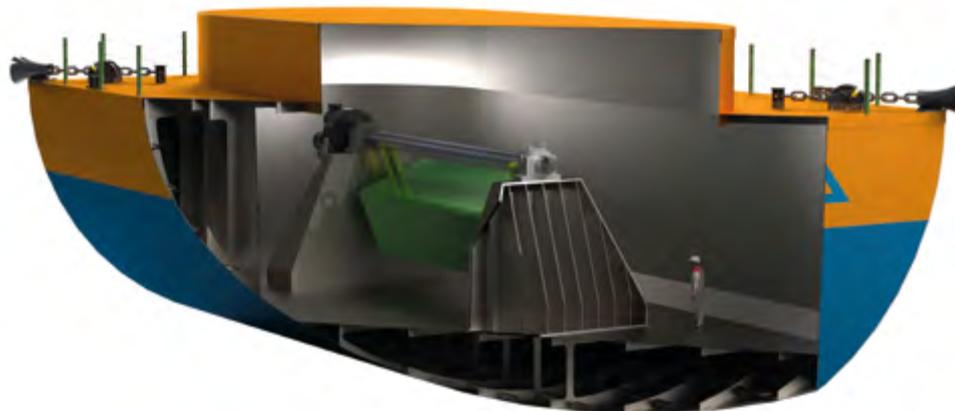
la fattibilità di piattaforme multifunzione e la loro resilienza alla variabilità climatica e agli eventi impattanti.

- Miglioramento delle parametrizzazioni attualmente in uso nel modello di circolazione tramite lo studio delle interazioni aria-mare nella regione mediterranea.

Render del PeWEC (vista esterna) La linea di galleggiamento è evidenziata dalla separazione dei colori.



Viste interne del PeWEC. Si evidenziano le nervature di rinforzo dello scafo, i gavoni per l'alloggio della zavorra e l'unità pendolare posta al centro dello scafo.



L'attività di ricerca ha contribuito al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- ▶ il perseguimento di una maggiore flessibilità della tecnologia solare a concentrazione e dei sistemi di produzione di energia di tipo co-generativo;
- ▶ lo sviluppo e caratterizzazione di materiali e componenti innovativi per il miglioramento delle prestazioni e la riduzione dei costi;
- ▶ lo sviluppo di soluzioni per l'integrabilità della tecnologia solare a concentrazione con altre risorse energetiche.

La flessibilità è intesa in termini di maggiore semplicità operativa, della capacità di fornire energia da fonte solare in modo stabile e controllato, dell'integrabilità con altre risorse e tecnologie energetiche (in particolare fonti rinnovabili non programmabili), dell'ampliamento degli scenari applicativi e riduzione dei costi di installazione, esercizio e manutenzione.

Tenuto conto di tali obiettivi, sono stati studiati nuovi fluidi per il trasporto e la conservazione dell'energia termica negli impianti CSP, con specifica attenzione alle formulazioni innovative di fluidi termici (miscele di sali fusi bassofondenti). Sono state studiate le proprietà termofisiche e i meccanismi di interazione con i materiali e i componenti di impianto. Per questo motivo sono state determinate le relazioni tra la composizione delle miscele e le condizioni operative del loro utilizzo che permettano una più efficiente e semplice gestione degli impianti solari a concentrazione. Sono state inoltre esplorate nuove soluzioni

per migliorare le performance e la compattezza dei sistemi di accumulo a sali fusi combinati con materiali a cambiamento di fase (PCM) le cui proprietà termo-fisiche vengono incrementate tramite l'aggiunta di nanoparticelle.

Parallelamente allo sviluppo dei fluidi termici, sono state analizzate soluzioni avanzate in termini di componentistica: dai tubi ricevitori con coating solari innovativi ad alta stabilità sia in vuoto sia in aria, agli specchi riflettenti trattati con nuovi processi superficiali per il controllo dello sporco, allo sviluppo di componenti per applicazioni di piccola e media taglia con appositi sistemi di accumulo termico per la generazione energetica distribuita. Oltre ai materiali e componenti avanzati, è studiata l'integrazione del CSP con la tecnologia fotovoltaica per favorire l'incremento della quota di energia solare nel sistema elettrico nazionale, sfruttando al meglio le caratteristiche delle suddette tecnologie, ovvero i minori costi del fotovoltaico e la maggiore programmabilità della produzione energetica da CSP con accumulo termico.

A tal fine sono state sviluppate apposite metodologie di analisi e previsione dei dati di radiazione solare a supporto della progettazione, gestione e controllo di impianti integrati CSP/PV. In linea con il processo di transizione energetica verso la decarbonizzazione del settore industriale, sono state infine studiate soluzioni e configurazioni di impianti solari a concentrazione che prevedano la produzione di calore a temperatura medio-alta per alimentare processi industriali. In tal caso, particolare attenzione è stata rivolta allo sviluppo di configurazioni di impianto flessibili, compatte e modulari per favorirne l'utilizzo in diverse applicazioni industriali. Sono state elaborate specifiche strategie di esercizio, gestione ed integrazione per garantire la stabilità di funzionamento del processo industriale, allineando l'offerta tecnologica da CSP con le richieste e le esigenze dei comuni processi industriali.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Alberto Giaconia
alberto.giaconia@enea.it

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MISE-ENEA-2019-2021/tecnologie/solare-termodinamico

È anche realizzata presso il C.R. ENEA Casaccia una piattaforma sperimentale per la generazione di calore di processo, allo scopo di analizzarne le prestazioni, sviluppare e validare specifiche metodologie di gestione e controllo, nonché definire e sperimentare le configurazioni ottimali di sistema in relazione alle specifiche dei processi industriali esaminati.

Campo solare a concentrazione dell'impianto SHIP presso il CR Enea Casaccia per la produzione di calore di processo.



Prototipo di coating per ricevitore solare operante in aria a temperatura massima pari a 500 °C, depositato su un tubo di acciaio inossidabile con diametro esterno 70 mm, spessore di parete 2 mm e lunghezza 600 mm.





Strumenti e modelli, anche settoriali, per scenari energetici ed elettrici, adeguati all'evoluzione del sistema Analisi di evoluzione dei mercati e della regolazione

Il progetto verte sull'aggiornamento e un sostanziale potenziamento della piattaforma SiMTE (Sistema Informativo e di Monitoraggio delle Tecnologie Energetiche, www.simte.enea.it) predisposta da ENEA nel 2018 su mandato del Ministero dello Sviluppo Economico (DLgs 28 del 3.3.2011, c.7, Art. 40, DM 6.7.2012, DM 28.12.2012). La piattaforma SiMTE si rivolge prevalentemente agli operatori pubblici e privati del settore energetico offrendo documenti, informazioni, dati e strumenti di calcolo per valutare prestazioni, costi e prospettive di mercato delle tecnologie per la produzione e l'uso efficiente dell'energia. Il progetto ha conseguito tutti gli obiettivi previsti, riassumibili come segue:

- Aggiornamento e raddoppio della base dati SiMTE passando dai circa 50 cluster tecnologici già trattati a circa 100 cluster relativi ai settori di produzione, trasformazione e usi finali dell'energia (trasporti, residenziale, industria). Ogni cluster è caratterizzato da un apposito documento redatto da esperti Enea e Universitari (Politecnico di Torino e Sapienza Università di Roma) con dati su prestazioni, emissioni, costi e prospettive di mercato delle tecnologie trattate;
- Introduzione di una banca dati su misure di incentivazione per tecnologie rinnovabili ed efficienza energetica;
- Sostanziale potenziamento della dotazione SW della piattaforma con introduzione di Intelligenza Artificiale IBM Watson (in collaborazione con IBM/Sistemi Informativi

per la fornitura e l'addestramento del SW cognitivo) per le seguenti finalità: a) lettura automatica di documenti tecnici con acquisizione e gestione dei dati di interesse; b) produzione automatica di report su richiesta dell'utente; c) assistenza virtuale all'utenza per l'accesso ai servizi offerti dalla piattaforma (dati, informazioni, analisi e calcolo); d) acquisizione dati e valutazioni statistiche di prestazioni e costi di tecnologie di largo consumo nei settori residenziale e trasporti;

- Potenziamento del modello di calcolo presente sulla piattaforma, che consente all'utente di effettuare analisi costi/benefici di investimenti in tecnologie energetiche con valutazione di prestazioni, emissioni, costi e ritorni degli investimenti sulla base di dati presenti sulla piattaforma e/o immessi dall'utente stesso. Il modello è applicabile a tutte le tecnologie di produzione, trasformazione e uso finale dell'energia e consente, nella nuova versione con interfaccia grafica e assistenza virtuale, la trattazione di tecnologie complesse (es.: sistemi di elettro-generazione con accumulo, sistemi co-generativi) con più componenti e processi e una simulazione dettagliata delle condizioni operative;
- Introduzione di una metodologia per valutazioni energetiche previsionali a livello regionale coerenti con gli scenari nazionali, con applicazione a tre regioni Lazio, Basilicata e Piemonte (coordinamento con RSE per gli scenari nazionali);
- Definizione (con coinvolgimento di un operatore specializzato individuato nella società Cresme Ricerche SpA) di un piano di diffusione della piattaforma SiMTE e di avvicinamento della potenziale utenza (e.g.: operatori, decisori, investitori del settore energia, associazioni di consumatori).

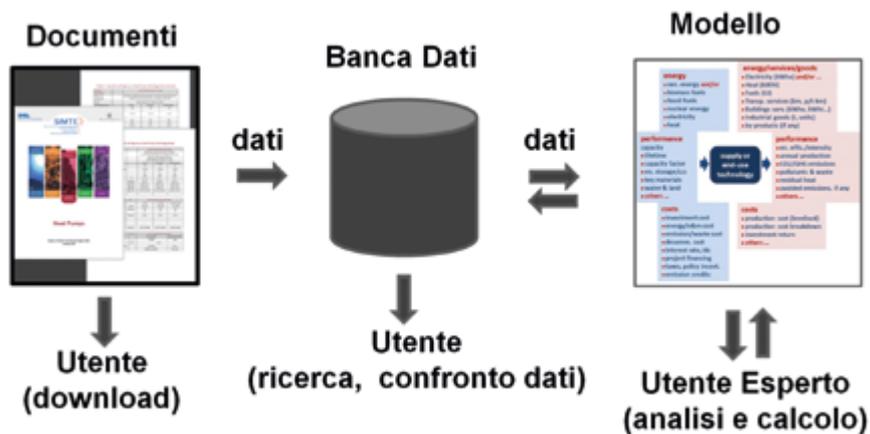
Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Sistema Elettrico

Referente: Giorgio Simbolotti
giorgio.simbolotti@enea.it

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MiSE-ENEA-2019-2021/sistema-elettrico/strumenti-e-modelli-per-scenari-energetici-ed-elettrici-adequati-all'evoluzione-del-sistema

Piattaforma SIMTE: schema di funzionamento e servizi offerti
www.simte.enea.it



Home page della piattaforma SIMTE – www.simte.enea.it

ENEA
Agenzia nazionale per la nuova tecnologia,
Terapia e lo sviluppo economico sostenibile

SIMTE
Sistema delle attività e Monitoraggio delle Tecnologie Energetiche
Energy Technology Monitoring and Information System

Home Progetto Tecnologie energetiche Banche dati Analisi Registrazione

Benvenuti in SIMTE

SIMTE è un Sistema Informativo per il Monitoraggio delle Tecnologie Energetiche predisposto da ENEA nel 2018 su mandato del Ministero dello Sviluppo Economico (D.Lgs. 28 del 3.3.2011, c.7, Art. 46, DM 6.7.2012, DM 26.12.2012). Il portale SIMTE offre informazioni e dati su prestazioni, costi e prospettive di mercato delle tecnologie per la produzione e l'uso efficiente dell'energia.

Nuove notizie in fase di pubblicazione nell'ambito del Piano Triennale 2019-21 Ricerca di Sistema Elettrico del Ministero per la Transizione Ecologica, il portale si rivolge ad esperti ed operatori del settore energetico, ma anche a consumatori, che si trovano ad operare scelte in tema di tecnologia.

Informazioni su SIMTE

Categorie e Partecipanti | Tecnologie Energetiche | Informazioni e Dati | Analisi | Collaborazioni con SIMTE | Registrazione

In SIMTE le tecnologie sono suddivise in 3 settori, seleziona il settore di tuo interesse:

Produzione e trasformazione di energia primaria | Produzione e distribuzione di elettricità e calore

Tecnologie per i trasporti | Tecnologie per il residenziale e i servizi | Tecnologie per l'industria e l'agricoltura

Login

Ultime Notizie

- Electricity and gas prices in the second half of 2021
- Energy: Bulgaria to set up first regional platform as part of the EU's Energy Purchase Platform
- Commission announces 170 cities participating in EU Mission for climate-neutral and smart cities by 2030



Modelli e strumenti per incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di produzione, trasporto, distribuzione dell'elettricità

Le reti elettriche vengono progettate e modellate, in fase di pianificazione operativa, per funzionare con limiti minimi di affidabilità, ovvero per garantire che il sistema funzioni, nel contesto operativo di riferimento, secondo le specifiche di progettazione con una probabilità preassegnata per un prefissato periodo temporale. In generale, la valutazione dell'affidabilità richiede la conoscenza degli indici affidabilistici degli elementi che compongono il sistema complessivo e rappresenta, pertanto, un calcolo non semplice in presenza dell'elevata eterogeneità di elementi connessi ad una rete di distribuzione. In tale premessa, ancora più complessa risulta la stima dell'affidabilità per reti AC che integrino nuove reti DC in MT e BT, la cui interconnessione richiede elementi di interfaccia e conversione che risultano ancora componentistica non standardizzata per lo specifico settore di riferimento, ad oggi prevalentemente diffuso a livello sperimentale.

A tale problematica connessa al reperimento dei dati vanno inoltre a sovrapporsi criticità di natura metodologica. Le configurazioni delle reti elettriche di distribuzione, per effetto della presenza della generazione distribuita, potrebbero essere caratterizzate da frequenti riconfigurazioni rispetto agli scenari ipotizzati in fase di pianificazione operativa. Risulta, pertanto, fondamentale implementare metodologie che consentano di valutare l'affidabilità su scenari rappresentativi dell'eterogeneità del contesto di riferimento e che focalizzino in maniera adeguata tutte le potenziali problematiche che possono emergere nell'interconnessione AC/DC sia in termini di sicurezza che di adeguatezza.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Maria Valenti
maria.valenti@enea.it

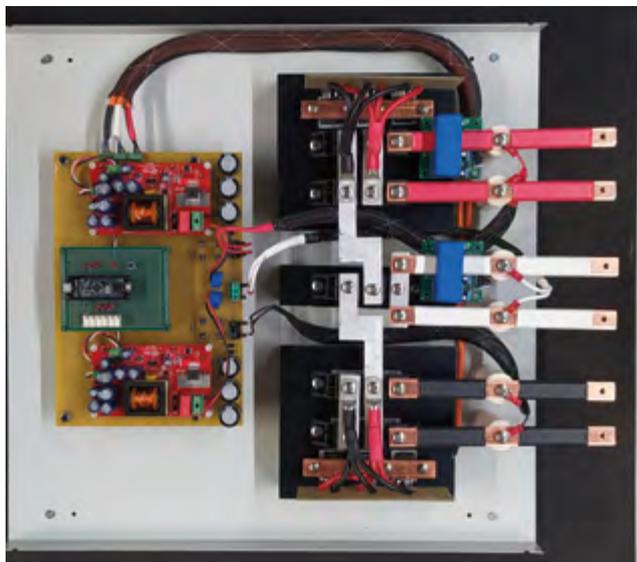
In questo contesto si è inserito l'obiettivo generale del presente progetto che è stato orientato a studiare, analizzare e proporre metodologie e strumenti per l'analisi ed il miglioramento dell'affidabilità delle reti ibride AC/DC in MT e BT. Il raggiungimento dell'obiettivo generale è stato realizzato attraverso obiettivi specifici che hanno portato alla implementazione dei seguenti prodotti della ricerca:

- realizzazione di un tool di reliability assessment (ORATool) per la valutazione, in ambiente di simulazione, dell'affidabilità di configurazioni di reti ibride AC/DC che includano tecnologie abilitanti per gli scenari energetici futuri;
- sviluppo e validazione di azioni di controllo in regime stazionario e dinamico per il miglioramento dell'affidabilità di reti AC/DC;
- implementazione di schemi e logiche di gestione energetica di reti ibride AC/DC e studio della relativa affidabilità;
- realizzazione di un prototipo di interruttore di protezione differenziale a stato solido per la sezione DC di microreti ibride AC/DC per tensioni di alimentazione comprese tra 250V e 1000V e correnti nominali massime di 100A.

ORATool, sviluppato secondo una logica modulare, permette di valutare l'affidabilità di specifiche configurazioni di rete e di applicare azioni di gestione delle contingenze per migliorare le prestazioni di sistema in termini di sicurezza e adeguatezza. Gli strumenti proposti consentono, quindi, di affrontare le problematiche di gestione per l'integrazione nelle attuali reti in AC di nuove reti in DC in MT/BT nell'ottica di miglioramento dell'affidabilità complessiva di sistema e, in definitiva, di incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di distribuzione dell'elettricità in linea con quanto richiesto dal tema 2.7. Per produrre un effettivo avanzamento rispetto allo stato dell'arte, le configurazioni indagate includono soluzioni e tecnologie abilitanti per la futura realizzazione di reti ibride AC/DC lato MT e BT e sono

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/energia/ricerca-di-sistema-elettrico/accordo-di-programma-MiSE-ENEA-2019-2021/sistema-elettrico/modelli-e-strumenti-per-incrementare-efficienza-energetica-nel-ciclo-di-produzione-trasporto-e-distribuzione-di-elettricit

state testate in ambiente laboratorio, con la logica Hardware-in-the-Loop, nella nanogrid di test presente nei laboratori del C.R. ENEA di Portici. Tale validazione sperimentale ha consentito di rafforzare i risultati teorico-simulativi ottenuti e produrre un effettivo avanzamento rispetto allo stato attuale della conoscenza sulla specifica tematica.



Prototipo di interruttore di protezione differenziale a stato solido per la sezione DC di microreti ibride AC/DC per tensioni di alimentazione fino a 1000V e correnti nominali massime di 100A.



ORATool – Tool per la valutazione dell'affidabilità di componenti e reti elettriche ibride AC/DC.



**Consiglio
Nazionale delle
Ricerche**

Fotovoltaico ad alta efficienza

Questo progetto ha affrontato una delle priorità più importanti del piano di attuazione del SET Plan Europeo per il fotovoltaico. L'obiettivo principale era contribuire a rimuovere alcuni fra i colli di bottiglia che finora hanno impedito al mercato del fotovoltaico Integrato negli Edifici (BIPV) di decollare a differenza del Fotovoltaico "Utility-Scale". L'integrazione del fotovoltaico nell'ambiente costruito richiede moduli leggeri, possibilmente flessibili e di diversi colori, forme e dimensioni, a causa dell'assenza di standard nell'industria edilizia. Queste specifiche non sostituiscono ma si aggiungono alla richiesta di efficienze e costi di produzione non molto diversi da quelli della filiera fotovoltaica basata sulle celle di Silicio cristallino. Sulla base di questa valutazione strategica, condivisa con le aziende del settore, l'obiettivo di questo progetto è stata la validazione di una famiglia di tecnologie di stampa a basso costo per la fabbricazione di prodotti fotovoltaici semilavorati da incorporare in componenti per l'edilizia o altri prodotti alimentati elettricamente. Si è partiti da due consolidati processi produttivi per celle e moduli solari a film sottile, uno nel campo delle celle solari sensibilizzate con colorante (DSSC) e uno relativo a celle solari inorganiche a film sottile, per introdurre nuovi step di processo innovativi ideati per colmare il divario rispetto alla tecnologia del Silicio cristallino in termini di prestazioni, costi e producibilità. Il progetto era diviso in tre workpackage di cui uno (WP1) dedicato allo sviluppo dei nuovi step tecnologici e alla loro integrazione nei processi di produzione esistenti, e due (WP2 e WP3) finalizzati ai test delle caratteristiche elettriche e termiche dei moduli BIPV.

Piano Triennale: 2019-2021

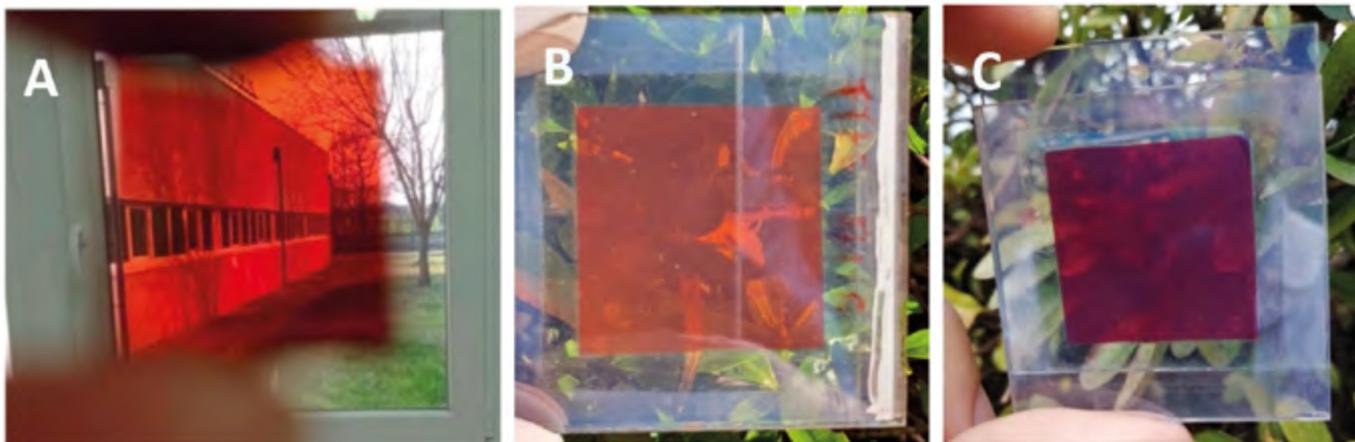
Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Massimo Mazzer
massimo.mazzer@cnr.it

Nelle prime 5 linee di attività (LA1-LA5) del WP1 l'innovazione di processo ha riguardato la tecnologia DSSC mentre le linee da LA6 a LA9 si sono occupate di tecnologie di stampa a basso costo per la deposizione di celle solari a film sottile inorganico a base di calcogenuri. L'utilizzabilità delle tipiche tecniche di scribing laser, nel nuovo processo di produzione di moduli a film sottile, è stata studiata nelle LA10 e LA11, mentre le ultime tre linee (LA12-LA14) sono state dedicate a due specifiche applicazioni delle nuove tecnologie. La prima applicazione riguarda l'integrazione meccanica di celle solari a film sottili di CIGS, ottenute mediante il nuovo processo di stampa, e di celle di silicio cristallino ad alta efficienza come le celle HJT, prodotte in Italia da Enel Green Power con cui il CNR collabora nell'ambito del progetto PON "BEST4U". L'utilizzazione del CIGS "low-cost", in alternativa alle perovskiti, nella realizzazione di celle tandem che superino l'efficienza limite del Silicio, è un'opzione di valore strategico per l'industria fotovoltaica sia perché mitiga i rischi tecnologici associati ai problemi di stabilità delle perovskiti, sia perché rappresenta un'alternativa al monopolio brevettuale nel campo delle perovskiti.

La seconda applicazione ha riguardato, invece, l'integrazione delle celle solari a film sottile di nuova concezione con batterie a film sottile per compensare le frequenti variazioni delle condizioni di irraggiamento delle celle (effetti di ombreggiamento e riflessioni multiple), tipiche dell'ambiente costruito. Questo progetto ha già avuto un impatto importante in termini di nuovi progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale. In particolare, il progetto "Fotovoltaico efficiente in facciata per il futuro prossimo della rete elettrica" (FOURIER), finanziato dal programma RdS-B del 2020, è nato dalla partnership strategica fra tre importanti aziende dei settori elettrico, fotovoltaico e edilizio che intendono investire nella filiera nazionale del fotovoltaico integrato a partire dalle nuove tecnologie che questo progetto ha permesso di validare su scala di laboratorio.

<http://www.diitet.cnr.it/ricerca-di-sistema/>



Immagini di alcune celle prototipali realizzate in questo progetto. Cella a base di CIGS ad alta energy-gap (A) per dispositivi tandem, celle DSSCs con coloranti BTD-DTP1 (B) e TTZ5 (C)

Esempio di installazione BIPV: Enzian Office, Bolzano. Fonte: EURAC Research, partner del progetto FOURIER (bipv.eurac.edu)



Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti

L'attività progettuale svolta all'interno del PT 2019-2021 è stata rivolta al miglioramento della qualità del servizio di fornitura dell'energia elettrica, mediante l'ottimizzazione di tecnologie esistenti e l'indagine di tecnologie emergenti. Tale attività è stata svolta coerentemente alle strategie europee sulle tecnologie di accumulo al 2030-2050. L'approccio selezionato ha guardato agli impatti ed alle ricadute sull'ambiente, determinando la scelta dei materiali e delle modalità di processo investigati anche nell'ottica di un abbattimento dei costi per specifica tecnologia. L'attività scientifica condotta dagli Istituti di ricerca CNR e le Università italiane coinvolte, si è articolata in n°4 pacchi di lavoro o WP, così denominati: WP1-Accumulo elettrochimico, WP2-Accumulo termico, WP3-Power to gas e WP4-Aspetti ambientali. Ogni WP è stato sviluppato attraverso definite linee di attività (LA), descrittive della specifica tematica svolta per ogni singola annualità. Nel dettaglio, le attività dedicate al WP1, accumulo elettrochimico, sono state rivolte all'ottimizzazione prestazionale della singola tecnologia selezionata (Na based batteries, flow redox, metallo-aria) mediante la sintesi di materiali e componenti innovativi con lo scopo di migliorarne la ciclabilità, la capacità e la round-trip efficiency, mirando al superamento dei limiti, ad oggi ancora esistenti, che ne rallentano la commercializzazione. È stata altresì svolta attività di prototipazione, realizzando ad esempio una cella planare testata con l'obiettivo di convalidare il concetto, il design delle celle planari e i principi chimici e fisici di ogni materiale utilizzato (Fig. 1). Di effettivo supporto a tale attività, sono state svolte attività

basate sullo sviluppo di modelli di predizione della degradazione di una batteria, in grado di predirne il tempo di vita utile (RUL) e identificarne lo stato di salute (SoH), nell'ottica dello sviluppo di un prototipo adeguato di battery management system (BMS).

Per il WP2-Accumulo termico, l'obiettivo principale ha visto lo sviluppo e la completa caratterizzazione di una nuova generazione di materiali per l'accumulo termochimico a base di microfibre ibride adsorbenti che impiegano l'acqua come vettore fluido. L'indagine modellistica a supporto ha dimostrato come, grazie alle loro migliorate proprietà termofisiche, si riesca ad aumentare l'efficienza di scambio termico del sistema di accumulo termochimico oltre il 50% rispetto all'attuale stato dell'arte. Nel WP3-Power to Gas, l'attività è stata rivolta allo sviluppo di un sistema integrato reversibile che connetta in modo flessibile l'infrastruttura elettrica con quella per il trasporto di gas naturale. Pertanto, nell'ottica di contribuire all'ottimizzazione di un processo globale di integrazione tra il processo di co-elettrolisi ed il processo di metanazione, è stato realizzato e validato 1) un reattore multi-tubolare per la produzione di metano 2) uno stack di celle reversibili (SOEC/SOFC) ed infine 3) un sistema integrato proof of concept, stack + reattore catalitico reversibile (metanazione/reforming) con una taglia complessiva di 100 W (Fig. 2). Il metano prodotto è destinato alla rete di gas naturale che diventerebbe quindi, in questa visione, il sistema di stoccaggio e distribuzione.

A supporto delle attività condotte sia nel WP1 che WP3 sono state altresì svolte attività di modellistica e simulazione. Infine, all'interno del WP4-Aspetti ambientali è stata condotta un'attività relativa ad analisi ambientali e di ecodesign di dispositivi e sistemi di accumulo investigati. In particolare, sono state condotte analisi degli ecoprofilo di batterie innovative (Sodio-metallo cloruro, Flow-redox) con l'applicazione delle linee guida della "ecodesign battery", Life Cycle Assessment di sistemi integrati rSOEC/metanazione e una valutazione comparativa dei profili ambientali dei sistemi di accumulo elettrico e chimico.

Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Vincenzo Antonucci
vincenzo.antonucci@cnr.it

<http://www.diitet.cnr.it/ricerca-di-sistema/>

Fig.1
Prototipo di cella planare sodio-metallo cloruro.

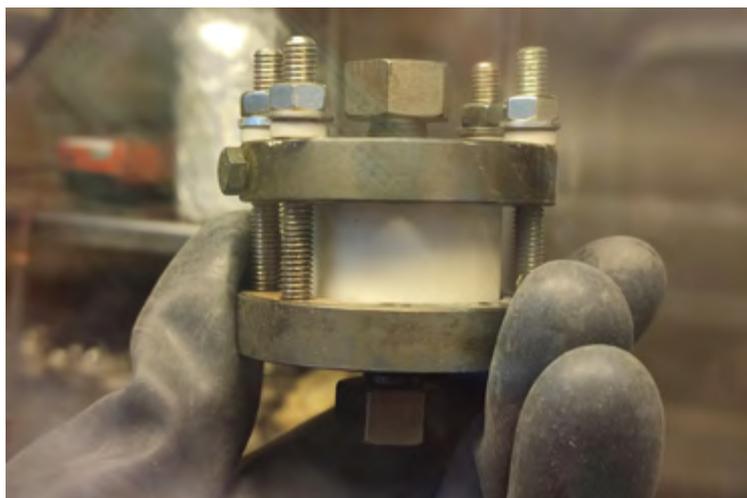


Fig.2
Reattore integrato nella stazione di prova.



Materiali di frontiera per usi energetici

I materiali rappresentano una key enabling technology fondamentale per lo sviluppo di sistemi energetici sempre più pervasivi ed efficienti. Il presente progetto si è focalizzato su due ambiti che stanno assumendo crescente importanza per una transizione energetica green: lo sviluppo di tecnologie eoliche per ambienti marini e di un'economia dell'idrogeno legata alle tecnologie solari. I materiali strutturali delle grandi pale per l'eolico offshore sono tipicamente soggetti a carichi meccanici variabili nel tempo e ambienti aggressivi, ed il loro sviluppo mira al mantenimento dell'integrità e delle proprietà meccaniche per un tempo sufficientemente lungo che giustifichi l'investimento d'impianto. Lo sviluppo di materiali o rivestimenti sostenibili e più efficienti in termini di resistenza meccanica e alla corrosione avrebbe un ruolo chiave nel miglioramento delle prestazioni, della sostenibilità e nella diminuzione dei costi. I rivestimenti dei materiali delle pale sono un esempio di grande interesse tecnologico, dove le criticità strutturali non dipendono dalla temperatura, come per altre tecnologie di produzione di energia elettrica (turbine a gas, turbine a vapore), ma dal carico meccanico fluttuante, dall'usura da particelle e, nel caso delle applicazioni offshore, dalla corrosione salina. Il limite di rottura a fatica deve tener conto non solo dell'azione del vento ma anche della gravità sulle diverse zone e nelle diverse posizioni che la pala assume nel tempo di compimento di un ciclo di rotazione della turbina. I bordi delle pale sono gli elementi che subiscono maggiormente l'effetto dell'erosione e devono quindi essere protetti con opportuni

rivestimenti, al fine di assicurare un ciclo di vita di almeno 25 anni. In questo ambito il progetto ha lavorato alla messa a punto del processo di deposizione di rivestimenti protettivi duri con proprietà di aumentata resistenza alla corrosione salina opportunamente integrati nella complessa struttura della pala del rotore. Il processo è stato ottimizzato per la deposizione su materiali attualmente in uso quali metalli e compositi contenenti fibra di vetro e fibra di carbonio. Sono stati studiati rivestimenti di AlTiN e di leghe ad alta entropia, depositati mediante tecniche di magnetron sputtering (RF, DC e HiPIMS). La validazione su scala di laboratorio ha previsto la misura e comparazione delle proprietà di resistenza all'erosione da pioggia e alla corrosione. Il fotovoltaico avanzato mira ad aumentare la porzione di spettro utilizzabile della radiazione solare per produrre energia elettrica e termica e vede nell'idrogeno il vettore energetico ottimale per convertire reversibilmente energia elettrica ed energia chimica. Nell'ambito della solar-driven chemistry, un aspetto tecnologico importante è rappresentato da separazione/cattura/ purificazione dei gas (reagenti e prodotti) impiegati. Questa tematica è intimamente collegata con lo sviluppo di sistemi efficienti per la separazione e purificazione dell'idrogeno da altri gas di processo. Le tecnologie a membrana possono essere una soluzione interessante se si utilizzano materie prime a basso costo e reperibili, e materiali opportunamente ingegnerizzati per la specifica applicazione. Il progetto si prefiggeva di studiare e sviluppare diverse tipologie di membrane che operino in un ampio range di temperature e di testarne le proprietà selettive. A questo scopo si sono sviluppate membrane innovative a base di leghe metalliche ad alta entropia mai studiate ad oggi a questo scopo, membrane a base di nitruri di titanio che solo di recente hanno dimostrato ottimi potenziali e membrane completamente ceramiche per temperature medio-alte. A complemento di entrambe le attività, è stato effettuato uno studio di Life Cycle Assessment per valutare l'impatto ambientale e la sostenibilità dei processi produttivi di deposizione dei film sia a scopi protettivi per le pale eoliche sia come film su porosi per membrane selettive.

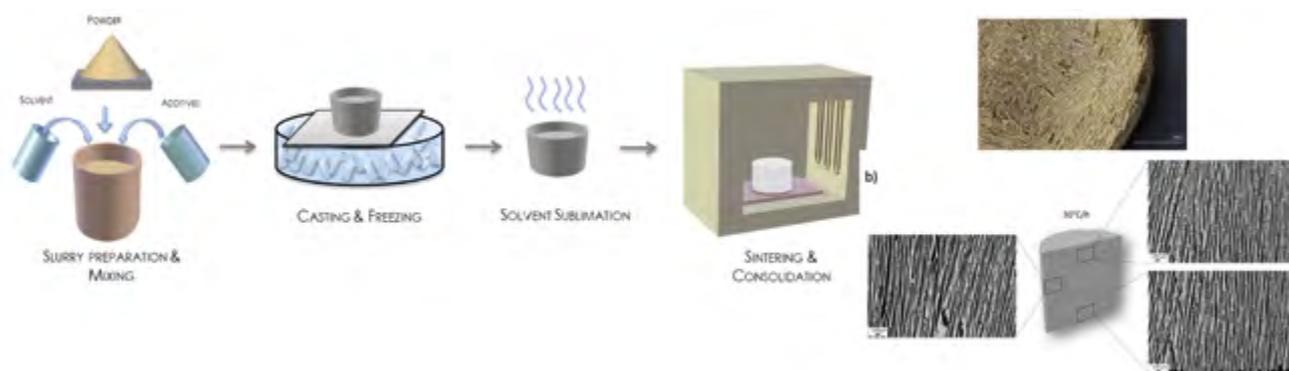
Piano Triennale: 2019-2021

Obiettivo generale: Tecnologie

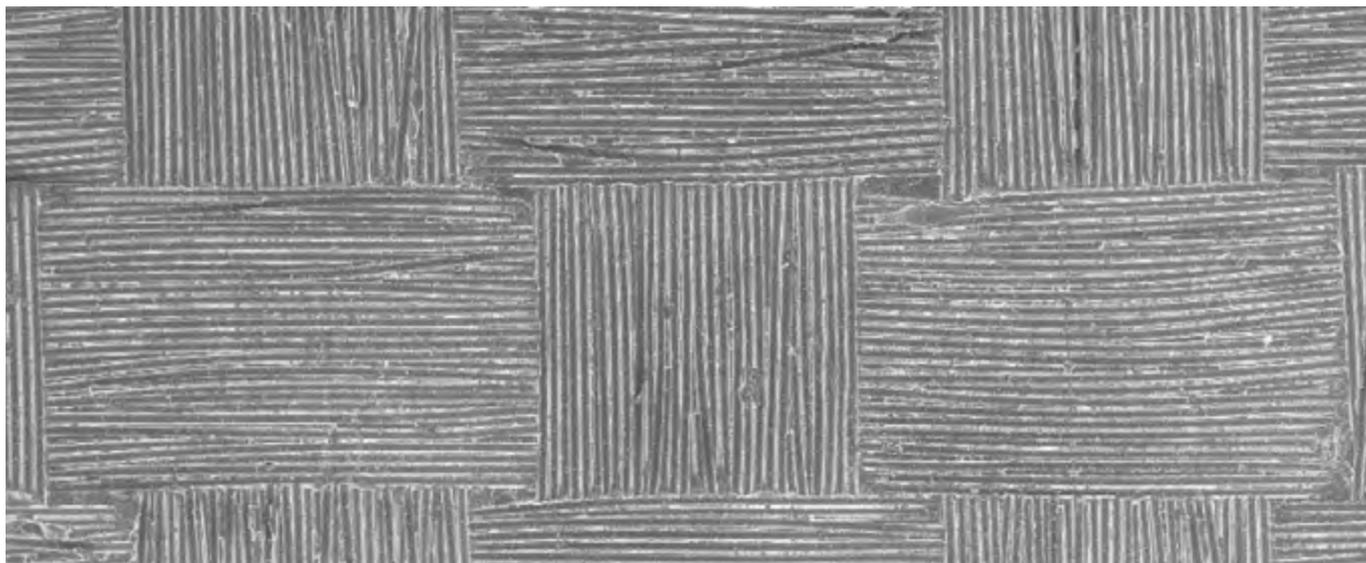
Referente: Lidia Armelao
lidia.armelao@cnr.it

<http://www.diitet.cnr.it/ricerca-di-sistema/>

Produzione di supporti ceramici con porosità ingegnerizzata mediante freeze-casting.



Deposito di AlTiN via HiPIMS su fibre di vetro per eolico.



Il progetto di ricerca ha proposto un cambio di rotta della situazione italiana per quanto riguarda la progettazione e lo sviluppo di soluzioni innovative per piattaforme galleggianti dedicate allo sfruttamento di risorse rinnovabili marine, in grado di sopportare condizioni complesse e severe e, come nel caso delle turbine eoliche, carichi indotti esterni all'ambiente marino. Parte dello studio è stato incentrato sulla progettazione integrata e multidisciplinare delle turbine eoliche galleggianti (TEG) che, a partire dalle linee di ancoraggio e piattaforma galleggiante, fino alla turbina, comprensiva di hub, pale, controllo e convertitori di potenza, hanno costituito la dorsale portante del progetto. Tutto ciò reso possibile dallo sviluppo ed utilizzo di strumenti di indagine teorico-numerico e sperimentale, sia in laboratorio che in mare. Tali sforzi sono stati determinanti per la realizzazione all'interno del progetto del primo prototipo di Hexafloat (brevetto Saipem), varato martedì 20 luglio 2021 in collaborazione con Saipem. L'innovativa piattaforma per TEG è stata costruita in scala 1:6.8 rispetto ad una 5MW di riferimento, presso i cantieri navali Palumbo Shipyards nel porto di Napoli, ed installata dalla società napoletana Deep Sea Technology, presso il MaRELab (Marine Renewable Energy Laboratory), il primo laboratorio di ricerca per le energie rinnovabili marine del Mediterraneo, cogestito dall'Università degli Studi della Campania e dal CNR, presso il molo San Vincenzo del Porto di Napoli, e realizzato all'interno dello stesso progetto di ricerca. La piattaforma ospita una turbina eolica da 10kW Tozzi Green con il supporto della società napoletana EcoMac. Essendo l'unico esempio di turbina eolica galleggiante esistente nel

Mediterraneo, il prototipo di TEG è un presupposto unico per la fondazione di un Centro di Eccellenza per le energie rinnovabili marine presso il laboratorio a mare MaRELab, un polo di ricerca strategico per il nostro Paese e di eccellenza per l'intera Ue, da sempre all'avanguardia nell'innovazione tecnologica, grazie alle competenze uniche presenti del mondo della ricerca e nel sistema industriale nel settore delle energie rinnovabili marine.

Ma le attività di ricerca affrontate hanno consentito anche di portare avanti con successo altri fronti investigativi: i) sviluppo e implementazione di modelli numerici a complessità variabile per diversi settori dell'ingegneria (idro- e aero-dinamico, strutturale, controllistico, elettrico) per lo studio e la progettazione avanzata di nuovi sistemi galleggianti per l'utilizzo di energia dal mare, quale solare e onde; ii) realizzazione di esperimenti in laboratorio indoor di nuovi dispositivi galleggianti per l'utilizzo di energia dal mare (isola solare, breakwater/WEC galleggiante); iii) progettazione di nuovi sistemi di monitoraggio per il laboratorio a mare MaRELab; iv) monitoraggio dell'impatto ambientale nella zona del laboratorio a mare, anche attraverso lo sviluppo di modelli specifici locali per la propagazione delle onde; v) realizzazione di una turbina a basso carico per il sistema OBREC già presente in MaRELab e integrato nella diga foranea del porto stesso.

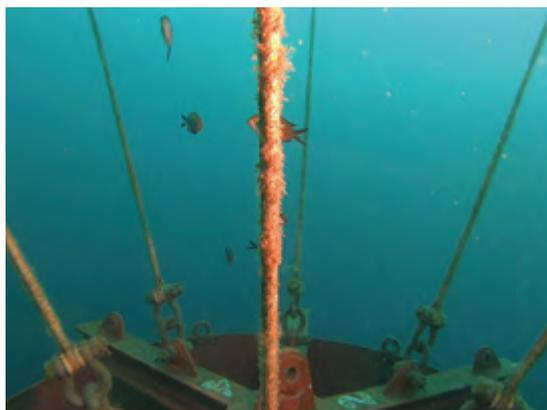
Il Progetto di Ricerca ha permesso l'acquisizione di una maggiore consapevolezza e confidenza per la realizzazione del concetto di Arcipelago Energetico Galleggiante (AEG), un'idea innovativa per il Mediterraneo proposta nel 2017 dal CNR-INM, che ha costituito il filo conduttore di questo progetto di ricerca. Cominciando da Hexafloat si vogliono testare diverse tecnologie per l'eolico, il solare e l'energia delle onde, per realizzare l'AEG, un'area di mare delimitata da frangiflutti galleggianti che producono energia dalle onde, circondati da TEG, e con al centro isole galleggianti con impianti di acquacoltura o ricoperte da pannelli fotovoltaici e impianti per la produzione di idrogeno e ammoniaca, da trasferire sulle navi, per l'uso a terra o per alimentare i loro motori del futuro.

Piano Triennale: 2019-2021

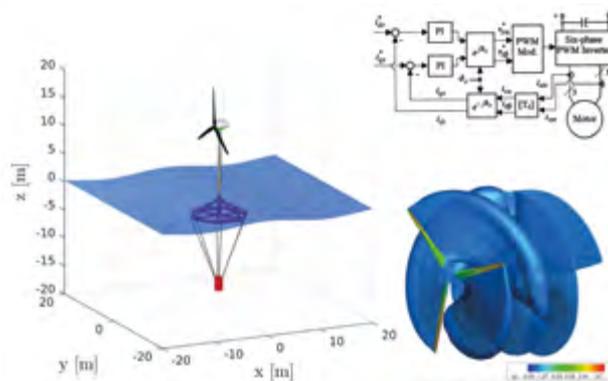
Obiettivo generale: Tecnologie

Referente: Claudio Lugni
claudio.lugni@cnr.it

<http://www.diitet.cnr.it/ricerca-di-sistema/>



Hexafloat: foto della parte immersa nella zona del contrappeso.



Simulazione dinamica del sistema TEG Hexafloat (sinistra). Schema di funzionamento del sistema di controllo (in alto a destra). Evoluzione della scia a valle del rotore (in basso a destra).

Il laboratorio MaRELab. Sullo sfondo la diga foranea che ospita il sistema OBREC ed il laboratorio a terra che ospita il centro di monitoraggio. In primo piano la TEG Hexafloat, installata in collaborazione con Saipem.



AMBIENTE
IMPIANTO SMART
UTENTE GRID
CONSUMO SVILUPPO RETE
RICERCA SEOLICO
H₂D | **SISTEMA**
SOSTENIBILITÀ
BIOMASSA ACCUMULO
EFFICIENZA
RISPARMIO
IMPATTO
ENERGIA
FOTOVOLTAICO
GENERAZIONE
TECNOLOGIA
CO₂ kWh



csea

cassa per i servizi
energetici e ambientali



Publicazione a cura dell'Ufficio Ricerca di Sistema
della Cassa per i Servizi Energetici ed Ambientali (CSEA)
I testi e le immagini per la descrizione dei singoli progetti
sono stati forniti dagli Affidatari (RSE S.p.A., CNR ed ENEA)

ricercadisistema@csea.it

www.ricercadisistema.it



www.csea.it

www.ricercadisistema.it