

Il ruolo del CNR per la comprensione dei fenomeni ambientali e per la biodiversità

Maria Chiara Carrozza, Francesco Petracchini **p. 15**

Per l'agricoltura il climate change è una delle sfide più complesse

Cristiano Fini **p. 18**

La sfida climatica: rischi e opportunità

Gianni Silvestrini **p. 24**

Energia Ambiente e Innovazione

ENEA magazine

2/2024

eai.enea.it

Tecnologie e innovazione
per contrastare
il cambiamento climatico

LE INTERVISTE:

Gilberto Pichetto Fratin, Nicola Dell'Acqua, Jim Skea, Kaveh Zahedi, Edoardo Zanchini

Il cambiamento climatico richiede integrazione e innovazione



di Giorgio Graditi, Direttore Generale ENEA

La crisi climatica è ormai una realtà innegabile, testimoniata da dati sempre più allarmanti a livello globale. Secondo il Servizio per il Cambiamento Climatico di Copernicus (C3S), l'estate del 2024 è stata la più calda mai registrata a livello mondiale con temperature medie superiori di 0,69°C rispetto al periodo di riferimento 1991-2020. Inoltre, il mese di agosto 2024 ha eguagliato il record precedentemente stabilito nell'agosto 2023, raggiungendo una temperatura media globale di 16,82°C, ovvero 0,71°C al di sopra della media. Questi dati segnalano che il 2024 è destinato a diventare l'anno più caldo mai registrato finora, superando per la prima volta la soglia di 1,5°C di riscaldamento rispetto all'era preindustriale.

Tali evidenti segnali di un cambiamento climatico sottolineano la necessità e priorità di accelerare l'implementazione di soluzioni innovative adeguate al contesto e su larga scala per la mitigazione delle emissioni dirette - agendo nei settori a maggior impatto come energia, trasporti, edilizia - ed indirette, connesse con i processi produttivi, l'utilizzo delle materie prime, lo sfruttamento del suolo. In aggiunta, non meno importante, sarà la capacità di innovare per supportare l'adattamento al cambiamento climatico dei territori e delle filiere produttive. **Lo sviluppo, l'implementazione e integrazione di tecnologie, strumenti e metodi per l'adattamento al cambiamento climatico è la sfida più attuale su cui ENEA è già impegnata.**

La sfida dell'adattamento ai cambiamenti climatici, un approccio integrato

Affrontare la sfida dell'adattamento ai cambiamenti climatici è una delle priorità globali del nostro tempo. È un processo complesso che non si presta a soluzioni semplici o a scelte precostituite e richiede un approccio integrato inter-multidisciplinare, capace di considerare non solo i diversi settori economici e le differenti discipline scientifiche, ma anche le peculiarità geografiche, culturali e socioeconomiche delle regioni coinvolte. La sfida dell'adattamento non riguarda solo il presente, ma anche il futuro delle generazioni che verranno, rendendo imprescindibile una **visione a lungo termine**.

Gli impatti dei cambiamenti climatici sono molteplici e interconnessi. Fra tutte, la recente intensificazione di fenomeni meteorologici estremi che stiamo osservando anche nel nostro paese, (le ripetute alluvioni in Emilia-Romagna, la siccità in Sicilia, ecc) colpisce la nostra sicurezza alimentare, la salute pubblica e la stabilità economica. Questi cambiamenti non riguardano solo la natura, ma coinvolgono profondamente la società nel suo insieme, ponendo sfide complesse che necessitano di **soluzioni integrate e collaborative**, adattando le scelte in funzione delle esigenze collegate ai diversi ambiti produttivi, economici e sociali.

L'Adattamento come Risposta Necessaria e l'approccio integrato

In questo contesto, l'adattamento ai cambiamenti climatici è una risposta necessaria e complementare alla mitigazione. Mentre la mitigazione è fondamentale per ridurre il riscaldamento futuro, l'adattamento è indispensabile per affrontare gli effetti già in atto e quelli inevitabili nei prossimi decenni. La sfida consiste nel trovare strategie di adattamento che siano efficaci, eque e sostenibili. Occorrerà anche tenere in attenta considerazione i vari aspetti di sostenibilità economica e sociale, nonché di compatibilità con altri obiettivi di tutela ambientale. In questo contesto, **un approccio integrato e collaborativo è essenziale** per garantire che le misure di adattamento siano pianificate e implementate in modo coerente, considerando la complessità

delle dinamiche ambientali, sociali ed economiche. Un approccio integrato all'adattamento climatico prevede la combinazione di vari livelli di governance (locale, nazionale e internazionale), discipline scientifiche (dalla meteorologia all'economia), settori economici (energia, agricoltura, industria, trasporti) e prospettive culturali. **È quindi necessario che le strategie di adattamento siano pensate con un orientamento intersettoriale e interdisciplinare.** La collaborazione tra diversi soggetti, interessati e coinvolti a vario titolo e livello, e la condivisione di conoscenze e competenze, sono fondamentali per evitare la duplicazione degli sforzi e per garantire che tutte le dimensioni del problema siano considerate. Inoltre, un approccio integrato permette di sfruttare le sinergie tra mitigazione e adattamento, promuovendo, ad esempio, l'adozione di tecnologie che riducano le emissioni e migliorino al contempo la resilienza climatica.

L'innovazione come leva

Dal settore agricolo a quello energetico, dai sistemi urbani alla protezione della biodiversità, l'innovazione tecnologica e scientifica offre soluzioni che permettono di migliorare la resilienza, l'efficienza e la sostenibilità. Le **soluzioni innovative** passano **dalle tecnologie emergenti, ai modelli di sviluppo, agli approcci inter-multidisciplinari che sostengono la transizione ecologica e circolare.** Nel settore agricolo, tecnologie come sistemi di irrigazione a goccia o l'uso di sensori e droni permettono di ridurre il consumo idrico, mentre le infrastrutture verdi, come i tetti e le pareti verdi, aiutano a mitigare le alte temperature urbane e ad assorbire l'acqua piovana, riducendo i rischi di alluvione. Inoltre, i nuovi materiali da costruzione sostenibili, come i calcestruzzi ecologici, assorbono meno calore e resistono meglio a condizioni atmosferiche estreme, prolungando la durata delle infrastrutture, mentre le reti idriche intelligenti permettono di ridurre le perdite d'acqua e garantirne una gestione efficiente anche durante le siccità.

L'innovazione nell'ottica della trasformazione dei modelli economici e di governance favorisce **l'emergere di modelli di economia circolare**, riduce la pressione sugli ecosistemi e permette alle aziende e alle comunità di essere *più resilienti ai cambiamenti nei mercati delle risorse naturali.*

A livello di governance, gli strumenti di **finanza verde e i mercati del carbonio** incentivano le imprese e le nazioni a ridurre le emissioni e ad adattarsi ai cambiamenti climatici. **Anche la digitalizzazione, l'uso di intelligenza artificiale e big data nei sistemi di monitoraggio e previsione dei rischi climatici supportano le autorità, ed in generale i decisori, a prendere decisioni rapide e informate, migliorando la capacità di risposta e riducendo l'impatto delle catastrofi naturali.**

La consapevolezza e l'educazione della società sono elementi essenziali per favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici. Innovazioni come applicazioni mobili e piattaforme di apprendimento online permettono di diffondere informazioni su come ridurre l'impatto ambientale, coinvolgendo le comunità locali nella protezione del territorio. **Inoltre, la partecipazione delle comunità attraverso progetti di citizen science permette di raccogliere dati utili per il monitoraggio ambientale e di sensibilizzare i cittadini sui temi legati ai cambiamenti climatici.**

L'innovazione sociale promuove nuovi modelli di collaborazione e coinvolgimento che rafforzano la resilienza comunitaria. In molti contesti, l'integrazione delle conoscenze tradizionali con le nuove tecnologie ha dimostrato di essere particolarmente efficace nell'adattamento alle condizioni climatiche estreme, unendo tradizione e innovazione in un approccio moderno e integrato.

Territorio e Imprese: un'Interdipendenza Strategica

Un territorio che si adatta bene ai cambiamenti climatici rappresenta un ambiente stabile e sicuro per le attività aziendali; le imprese possono svolgere un ruolo importante nella costruzione di territori resilienti, collaborando con le autorità locali e investendo in infrastrutture sostenibili.

1. **Collaborazione Pubblico-Privata:** attraverso queste partnership, le imprese possono supportare lo sviluppo di infrastrutture resilienti e la protezione delle risorse naturali. Ad esempio, nel settore delle costruzioni, molte aziende stanno collaborando con le amministrazioni locali per sviluppare edifici e infrastrutture resistenti agli eventi climatici estremi.
2. **Investimenti in Infrastrutture Resilienti:** le imprese possono contribuire alla resilienza del territorio investendo in infrastrutture sostenibili, come sistemi di drenaggio avanzati per prevenire alluvioni e strutture energeticamente efficienti. Tali investimenti, sebbene inizialmente costosi, possono ridurre i danni causati da eventi climatici estremi e garantire la continuità operativa delle attività aziendali.
3. **Conservazione e Gestione delle Risorse Naturali:** le aziende che dipendono dalle risorse naturali, come l'acqua e il suolo, hanno iniziato a implementare pratiche di gestione sostenibile per preservare tali risorse e minimizzare l'impatto ambientale.

Le opportunità e gli strumenti di applicazione: PNRR e PPP

All'interno del PNRR, l'adattamento ai cambiamenti climatici non è solo una priorità ambientale, ma anche un'opportunità per la crescita economica, la creazione di posti di lavoro e il miglioramento delle infrastrutture e della qualità di vita. La strategia prevede interventi sistemici che integrano politiche di riduzione delle emissioni di gas serra, promozione dell'efficienza energetica, sviluppo delle energie rinnovabili e di nuovi vettori energetici puliti e potenziamento delle infrastrutture urbane e rurali per renderle resilienti agli effetti del clima. La sfida del cambiamento climatico richiede anche di **ripensare il modo in cui le città sono strutturate**. Il PNRR si focalizza sul miglioramento della qualità dell'aria e delle acque, sulla costruzione di spazi verdi urbani e sulla promozione della mobilità sostenibile.

Le partnership pubblico-privato (PPP) stanno emergendo come strumenti strategici per l'implementazione delle politiche climatiche del PNRR. Attraverso queste partnership, il governo può collaborare con imprese private, organizzazioni non governative e istituti di ricerca per sviluppare soluzioni innovative e sostenibili. Le PPP consentono di colmare il gap tra la disponibilità finanziaria pubblica e le esigenze infrastrutturali del Paese, promuovendo investimenti privati in progetti pubblici.

Conclusioni

Un approccio integrato richiede la collaborazione di vari attori. I governi hanno il compito di implementare politiche che incentivino la resilienza e riducano la vulnerabilità sociale, economica e territoriale. Le istituzioni scientifiche devono fornire dati, strumenti, tecnologie e modelli climatici per prevedere gli impatti e informare le decisioni. Le imprese devono impegnarsi in pratiche sostenibili e investire in tecnologie e soluzioni innovative per ridurre il proprio impatto ambientale. Sarà inoltre necessario un sostanziale mutamento degli stili di vita e di consumo verso comportamenti caratterizzati dall'utilizzo di tecnologie pulite, maggiore efficienza energetica e minori emissioni, agendo attraverso le fonti di formazione e informazione del pubblico, unite a azioni di promozione/disincentivazione dei comportamenti in funzione della loro sostenibilità.

La società civile deve essere coinvolta nel processo decisionale, sensibilizzata sui temi climatici e supportata nella costruzione di comunità resilienti. Solo unendo le forze a livello locale, nazionale e internazionale sarà possibile sviluppare concrete strategie di adattamento efficaci, il cui successo dipenderà dalla capacità delle società di adattarsi in modo flessibile e innovativo, rispettando le peculiarità locali e le esigenze dei territori, ma senza perdere di vista il quadro globale. Adattarsi al cambiamento climatico non è solo una questione di sopravvivenza, ma è anche un'opportunità per ripensare i nostri modelli di sviluppo e di consumo in chiave sostenibile e resiliente per le generazioni future.

Giorgio Graditi

Tecnologie e Innovazione per contrastare il cambiamento climatico



di **Cristina Corazza**, *Direttore Rivista Energia Ambiente e Innovazione, ENEA*

Il cambiamento climatico influenza ogni aspetto della vita sulla Terra e rappresenta oggi una delle sfide più significative che abbiamo davanti. Per questo è urgente non soltanto analizzarne le cause e la portata, ma anche capirne gli effetti e valutare le soluzioni possibili per gli interventi di contrasto. E' quanto abbiamo cercato di fare in questo numero di Energia, Ambiente e Innovazione attraverso gli interventi e le interviste ad alcuni dei principali protagonisti del settore a livello nazionale e internazionale: il Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica Gilberto Pichetto Fratin, la Presidente del Cnr Maria Chiara Carrozza, il direttore del Kyoto Club Gianni Silvestrini, Jim Skea Presidente dell'IPCC, il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico, Kaveh Zahedi, Direttore dell'Ufficio per il Cambiamento Climatico, la Biodiversità e l'Ambiente della FAO, Carlo Buontempo, Direttore del Copernicus Climate Change Service, per citarne solo alcuni.

I segnali che abbiamo davanti sono sempre più allarmanti: secondo l'Organizzazione meteorologica mondiale, il 2023 è stato l'anno più caldo mai registrato dal 1860, con una temperatura globale vicina al limite di 1.5°C, facendo seguito ad altre annate record. E anche le temperature degli oceani hanno raggiunto livelli particolarmente elevati mentre si registra la riduzione dei ghiacciai, delle calotte antartiche e l'accelerazione del livello dei mari. La perdita di biodiversità è un altro effetto devastante. Molte specie animali e vegetali sono a rischio estinzione a causa della scomparsa di habitat e delle condizioni climatiche estreme. Questo compromette gli ecosistemi, ma anche le risorse da cui dipendiamo per la nostra sopravvivenza, come cibo e acqua. Come ha affermato il Segretario generale delle Nazioni Unite Antonio Guterres all'inaugurazione della COP 29 a Baku oggi *"siamo al conto alla rovescia finale per limitare l'aumento della temperatura globale a 1,5 gradi. E il tempo non è dalla nostra parte"*.

Infatti, se è vero che il clima della Terra ha subito diversi cambiamenti nel corso dei millenni, influenzato da fattori naturali come le eruzioni vulcaniche, le variazioni dell'orbita terrestre e l'attività solare, è altrettanto importante sottolineare come l'era industriale abbia segnato un cambiamento radicale: le attività umane, in particolare la combustione di fonti fossili, hanno portato a un aumento molto significativo delle emissioni di gas serra, come anidride carbonica (CO₂) e metano (CH₄).

Ma non solo. Oltre ad essere già visibili, si prevede che gli effetti del cambiamento climatico diventino sempre più gravi: già adesso gli eventi meteorologici estremi, come uragani, ondate di calore e inondazioni, stanno diventando più frequenti e intensi, causando danni economici e perdite di vite umane, e l'innalzamento del livello del mare è solo una delle conseguenze più preoccupanti per la minaccia alle comunità costiere e agli ecosistemi marini. Lo evidenzia con chiarezza il Segretario generale del Kyoto Club, Gianni Silvestrini per il quale *"i continui disastri in varie parti del mondo ed in Italia impongono di accelerare sia le misure per adattarsi all'inevitabile emergenza climatica che quelle volte a ridurre le emissioni"*. Da parte sua il Ministro Pichetto osserva che il cambiamento climatico *"è una delle sfide globali più urgenti"*

Affrontare i cambiamenti climatici richiede un approccio globale e coordinato. E le politiche di riduzione delle emissioni sono fondamentali. Gli accordi internazionali, come quello di Parigi nel 2015, mirano a limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali, incoraggiando i Paesi a ridurre le loro emissioni di gas serra. Si tratta di un accordo fondamentale ma, come afferma il Presidente dell'IPCC, l'Intergovernmental Panel on Climate Change, Jim Skea nell'intervista pubblicata nelle pagine che seguono, i Paesi firmatari sono ben lontani dal raggiungere gli obiettivi prefissati. E con l'uscita degli Stati Uniti dagli

accordi di Parigi la situazione sarebbe ancora più grave.

In questo scenario, capire che cosa sta accadendo dal punto di vista scientifico e che cosa il mondo della ricerca può fare è un elemento essenziale. Ed è quanto intendiamo fare in questo numero della rivista coinvolgendo i ricercatori ENEA, ma anche esperti e protagonisti del settore per analizzare le cause, gli effetti, i possibili sviluppi, le soluzioni e l'innovazione tecnologica da mettere subito in campo.

In particolare, cercheremo di dare evidenza al ruolo cruciale della ricerca scientifica nello studio e nel contrasto del cambiamento climatico, in un'ottica europea di decarbonizzazione che prevede l'impegno a conseguire la neutralità climatica entro il 2050. Altrettanta attenzione verrà posta alla pianificazione e realizzazione di misure per l'adattamento al cambiamento climatico dei sistemi produttivi e territoriali.

In questo scenario, la strada maestra è l'innovazione tecnologica da un lato e, dall'altro, la consapevolezza e l'azione collettiva. Educare le persone sulla tematica del cambiamento climatico e le sue conseguenze può incoraggiare comportamenti più sostenibili, l'adozione di stili di vita più ecologici e la riduzione dei consumi energetici. Le comunità possono unirsi per promuovere iniziative locali, come la riforestazione e la conservazione delle risorse naturali. Come evidenza nel suo intervento la presidente del CNR Maria Chiara Carrozza "per sviluppare strategie di adattamento e mitigazione efficaci è fondamentale un approccio multidisciplinare, che integra la ricerca scientifica con la pianificazione territoriale e le esigenze sociali". E occorre "un sostanziale mutamento degli stili di vita e di consumo verso comportamenti caratterizzati dall'utilizzo di tecnologie pulite, maggiore efficienza energetica e minori emissioni - dichiara il direttore generale dell'ENEA Giorgio Graditi, agendo attraverso le fonti di formazione e informazione del pubblico, unite a azioni di promozione/disincentivazione dei comportamenti in funzione della loro sostenibilità". In questo scenario, un ruolo essenziale viene svolto dalla ricerca e, in particolare, dalla comunicazione dei risultati ottenuti: come afferma il Presidente dell'IPCC Jim Skea "se non riusciremo a comunicare tutto questo in modo efficace, penso che ci saranno scarse probabilità di sviluppare politiche ambiziose per il clima. La comunicazione è uno dei principali strumenti che la scienza deve saper utilizzare per proteggere il clima".

Ma se il cambiamento climatico rappresenta una minaccia esistenziale per il Pianeta e la vita di tutti noi, è anche una straordinaria opportunità per innovare e mettere a punto efficaci strumenti di contrasto. Solo attraverso l'impegno collettivo, l'innovazione e la responsabilità individuale possiamo affrontare questa sfida e raggiungere il traguardo di una transizione ecologica, sostenibile in termini di costi, equilibrata ed equa dal punto di vista sociale e che possa garantire un futuro migliore alle nuove generazioni.

Cristina Corazza

N. 2 Ottobre 2024

Direttore Responsabile

Cristina Corazza

Coordinamento Editoriale

Paola Giaquinto

Comitato di direzione

Ilaria Bertini, Claudia Brunori, Alessandro Coppola, Alessandro Dodaro, Giorgio Graditi, Giulia Monteleone

Redazione

Laura Di Pietro, Roberto De Ritis, Laura Moretti, Antonio Opromolla

Lingua inglese

Fabiola Falconieri

Progetto Grafico

Paola Carabotta

Grafica e Impaginazione

Flavio Miglietta

Elaborazione Grafica Copertina

Maurizio Giuliani

Edizione web

Antonella Andreini

Stampa

Laboratorio Tecnografico
Centro Ricerche ENEA Frascati
Numero chiuso nel mese di dicembre 2024

Registrazione

Tribunale Civile di Roma
Numero 42/2019 del 28 marzo 2019
(versione stampata)
Numero 43/2019 del 28 marzo 2019
(versione telematica)

Foto in copertina: elaborazione AI



12 Serve un nuovo paradigma per la scienza del clima di Carlo Buontempo

- 1 Il cambiamento climatico richiede integrazione e innovazione
di Giorgio Graditi
- 4 Tecnologie e Innovazione per contrastare il cambiamento climatico
di Cristina Corazza

L'INTERVENTO

- 8 L'adattamento ai cambiamenti climatici, sfide e opportunità per un nuovo modello di sviluppo
di Claudia Brunori

GLI SCENARI

- 12 Serve un nuovo paradigma per la scienza del clima
di Carlo Buontempo
- 15 Il ruolo del CNR per la comprensione dei fenomeni ambientali e per la biodiversità
di Maria Chiara Carrozza e Francesco Petracchini
- 18 Per l'agricoltura il climate change è una delle tematiche più complesse
di Cristiano Fini
- 21 Una sfida vitale per il Pianeta
di Mariagrazia Midulla
- 24 La sfida climatica: rischi e opportunità
di Gianni Silvestrini

LE INTERVISTE

- 27 Gilberto Pichetto Fratin: Il cambiamento climatico è una delle sfide globali più urgenti
- 31 Nicola Dell'Acqua: Sviluppiamo la resilienza del Paese nei confronti del cambiamento climatico
- 33 Jim Skea: Communication is a main instrument to use to protect climate
- 36 Jim Skea: La comunicazione è uno strumento essenziale per proteggere il clima
- 39 Kaveh Zahedi: FAO supports countries to reshape policies and scale up action through innovation
- 43 Kaveh Zahedi: Con l'innovazione aiutiamo i Paesi a ridefinire le strategie politiche e ad ampliare il raggio d'azione
- 48 Edoardo Zanchini: Tenere assieme mitigazione e adattamento climatico con l'innovazione energetica e sociale

Sommario



8 L'adattamento ai cambiamenti climatici, sfide e opportunità per un nuovo modello di sviluppo di *Claudia Brunori*



21 Una sfida vitale per il Pianeta di *Mariagrazia Midulla*



24 La sfida climatica: rischi e opportunità di *Gianni Silvestrini*

FOCUS ENEA

- 51** Clima mediterraneo: cambiamento in atto e scenari futuri
di *Gianmaria Sannino, Alessandro Anav, Franco Catalano, Ernesto Napolitano, Alcide di Sarra, Damiano Sferlazzo*
- 54** Servizi climatici per l'area euro-mediterranea: focus sul livello del mare
di *Roberto Iacono, Adriana Carillo, Massimiliano Palma, Alessandro Dell'Aquila*
- 57** Materie prime critiche e strategiche e rischi del cambiamento climatico
di *Daniela Claps, Roberta De Carolis, Martina Iorio*
- 60** Strumenti di gestione territoriale per l'adattamento al cambiamento climatico
di *Elisabetta Salvatori, Mattia Barsanti, Fabio Eboli, Giulio Gazzola, Michela Langone, Melania Michetti, Mihaela Mircea, Federica Pannacciulli, Andrea Peirano, Luigi Petta, Rovena Preka, Valentina Tolaini*
- 63** Tecnologie e sistemi intelligenti per la gestione sostenibile della risorsa idrica
di *Luigi Petta, Gianpaolo Sabia, Davide Mattioli, Girolamo Di Francia, Saverio De Vito*
- 66** Impatti delle fonti rinnovabili nei territori: fotovoltaico, agrivoltaico ed eolico
di *Federica Colucci, Antonio Donatelli, Sonia Manzo, Luisa Parrella, Simona Schiavo, Nicola Colonna*
- 70** L'adattamento al cambiamento climatico delle filiere agroalimentari
di *Valentina Tolaini, Nicola Colonna, Massimo Iannetta*
- 73** Soluzioni basate sulla natura per la rigenerazione e l'adattamento climatico di città e territori
di *Elisabetta Salvatori, Cristian Chiavetta, Simone Ciadamidaro, Alessandra De Marco, Patrizia Menegoni, Maria Rita Minciardi, Alessandro Sebastiani, Chiara Lombardi*
- 76** Buone pratiche di economia circolare e cambiamenti climatici
di *Anna Rita Ceddia, Fabio Eboli, Flavio Scrucca*
- 80** Adattamento e mitigazione del cambiamento climatico nei Paesi in Via di Sviluppo
di *Alessandra De Marco e Marco Proposito*
- 83** L'uso efficiente delle risorse come misura per la mitigazione del cambiamento climatico
di *Laura Cutaia*
- 87** Mobilità sostenibile e cambiamento climatico
di *Gaetano Valenti, Maria Pia Valentini, Francesco Vellucci*
- 90** La conoscenza del patrimonio edilizio nazionale per pianificare l'efficientamento energetico
di *Francesca Caffari, Nicolandrea Calabrese, Giovanni Murano*
- 94** Comunicare le certezze degli scienziati per modificare le percezioni errate
di *Alice Avila*
- 96** Ricerca ENEA & Agrivoltaico per la resilienza al cambiamento climatico
di *Alessandra Scognamiglio*

L'intervento

L'adattamento ai cambiamenti climatici, sfide e opportunità per un nuovo modello di sviluppo

Il cambiamento climatico è in sostanza una crisi di sistema, perciò, è essenziale considerare che l'adattamento riguarda la capacità della società di continuare a funzionare in modo efficace e giusto e le misure introdotte devono integrarsi con il modello di sviluppo stesso, permeando le politiche economiche, le pratiche sociali e le strutture istituzionali. La natura globale del problema richiede una cooperazione tra governi nazionali, amministrazioni locali, organizzazioni internazionali, il settore privato e la società civile.



di Claudia Brunori, Direttrice del Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali - ENEA

L'adattamento ai cambiamenti climatici è cruciale per la resilienza delle comunità, per la protezione degli ecosistemi e per la sicurezza economica. In questo contesto, il territorio gioca un ruolo fondamentale in quanto rappresenta non solo lo spazio fisico in cui si sviluppano le attività umane, ma anche l'ecosistema complesso che interagisce con le imprese e le influenze ambientali. L'adattamento delle imprese in questi ambienti dipende da una profonda comprensione di come i cambiamenti climatici impattino su queste caratteristiche territoriali, influenzando le risorse disponibili, l'accesso ai mercati e i costi operativi.

La vulnerabilità dei territori e i rischi per le imprese

La vulnerabilità di un territorio è determinata da diversi fattori: la sua posizione geografica, le caratteristiche ambientali e l'accesso alle risorse. L'Italia, come anche evidenziato nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, si trova nel "hot spot Mediterraneo", un'area identificata come particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici, perciò, è necessaria una pianificazione di emergenza e investimenti per l'adattamento.

Le aree costiere, ad esempio, sono particolarmente esposte al rischio di innalzamento del livello del mare e di fenomeni meteorologici estremi. Le imprese situate in queste aree potrebbero subire danni strutturali significativi alle infrastrutture, nonché perdite economiche dovute all'interruzione delle attività produttive. Le aree agricole sono altrettanto vulnerabili, con periodi di siccità più lunghi e fenomeni di desertificazione che riducono la resa dei raccolti. Anche i settori che dipendono da materie prime agricole come l'industria alimentare e tessile sono impattati da queste trasformazioni, poiché una minore disponibilità di risorse naturali o l'aumento dei costi di produzione può causare un calo della competitività e un incremento dei prezzi dei prodotti finali.

I cambiamenti climatici comportano due tipologie principali di rischi per le imprese: i **rischi fisici** e i **rischi di transizione**. I rischi fisici sono quelli associati agli eventi meteorologici estremi e ai cambiamenti ambientali che possono danneggiare le infrastrutture, interrompere le catene di approvvigionamento e ridurre la produttività. I settori principalmente interessati da questi rischi sono quello dell'agricoltura, quello idroelettrico, quello costiero, ovvero le



industrie marittime e la pesca, quello turistico (marittimo e montano) e sicuramente quello della salute pubblica.

I rischi di transizione, invece, sono quelli associati ai cambiamenti regolamentari, tecnologici e di mercato che le imprese devono affrontare nel processo di adattamento e transizione verso un'economia a basso impatto di carbonio. L'implementazione di normative più severe sulla riduzione delle emissioni può, ad esempio, comportare per le imprese l'obbligo di investire in tecnologie più pulite o di modificare i processi produttivi per ridurre l'impatto ambientale. Ciò potrebbe comportare un incremento dei costi a breve termine, ma allo stesso tempo favorire un vantaggio competitivo per le aziende che investono in innovazioni sostenibili e ottimizzano le proprie risorse.

La questione delle risorse

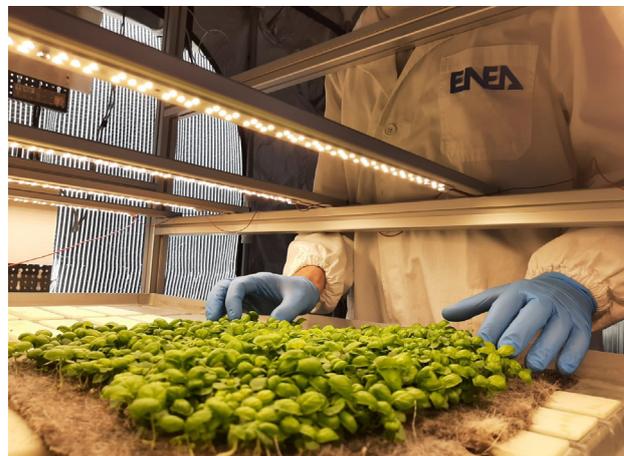
La domanda di materie prime è aumentata esponenzialmente negli ultimi decenni, in parte a causa della globalizzazione e dell'industrializzazione dei Paesi emergenti. Questo ha portato a una pressione crescente sulle risorse naturali, con conseguenze ambientali significative, come la deforestazione, l'inquinamento e la perdita di biodiversità. Le risorse limitate costringono le nazioni a competere per l'accesso, generando tensioni geopolitiche e conflitti. La transizione ecologica necessita di materie prime ad elevate prestazioni che sono prodotte in pochi Paesi nel mondo, esiste una criticità legata alla possibilità di garantirne un approvvigionamento sostenibile e sicuro.

Con il recente Regolamento sulle Materie Prime Critiche della Commissione Europea (Regulation EU 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724

and (EU) 2019/1020) sono stati individuati obiettivi e target ambiziosi per affrontare la questione, prevedendo target minimi in Europa per l'estrazione primaria (10% del fabbisogno) e per la produzione da fonti secondarie (25% del fabbisogno).

Inoltre, l'estrazione di queste risorse e la conseguente produzione e consumo dei prodotti ha un impatto significativo sull'ambiente e sulle emissioni climalteranti. Il Rapporto del Programma per l'ambiente delle Nazioni Unite (UNEP) "Resource efficiency and Climate Change – Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future" elaborato dall'International Panel for Climate Change (IRP 2020, Report of International Resource Panel. United Nations Environment Programme) evidenzia il grande potenziale dell'uso efficiente e circolare delle risorse per la riduzione delle emissioni climalteranti globali. Le emissioni associate all'estrazione, lavorazione e produzione di plastica, gomma, legno, ferro, acciaio ed altri metalli, materiali da costruzione, sono state nel 2015 pari al 23%, cresciute di circa 10 punti percentuale in venti anni.

Dal 2015 tali emissioni stanno crescendo a ritmo ancor più veloce. Iniziative per l'utilizzo più circolare delle risorse potrebbero contribuire in maniera significativa alla riduzione delle emissioni, soprattutto in alcuni settori a maggior impatto (ad es. nel settore delle costruzioni l'utilizzo di materiali riciclati potrebbe consentire una riduzione dell'80-100% delle emissioni, nel settore dell'automotive potrebbe arrivare al 60-70%). **Nello studio della Fondazione Ellen Mac Arthur del 2019 (Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change 2019, www.ellenmacarthurfoundation.org/publications), viene evidenziato come complessivamente, l'economia circolare po-**





trebbe contribuire alla riduzione del 45% delle emissioni climalteranti globali derivanti dall'estrazione/produzione ed utilizzo di materie prime ed alimenti.

Un'attenzione particolare va poi dedicata al tema della risorsa idrica. La strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici del 2021 (Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change, COM(2021)82) sottolinea l'importanza di garantire che l'acqua dolce sia disponibile in modo sostenibile, che l'uso dell'acqua sia drasticamente ridotto e che la qualità dell'acqua sia preservata e sottolinea il rischio di un aumento della frequenza e della gravità degli eventi meteorologici estremi che portano a siccità e inondazioni e, di conseguenza, a ingenti danni economici. È pertanto di particolare importanza considerare gli effetti dei cambiamenti climatici nelle politiche dell'UE in materia di acque. Emerge, quindi, la necessità di evitare lo sfruttamento eccessivo e di promuovere cicli di utilizzo e riuso, il che implica una profonda trasformazione nei settori produttivi, nelle politiche governative e nei comportamenti dei consumatori.

Opportunità di adattamento e resilienza

Nonostante le sfide, l'adattamento ai cambiamenti climatici può anche rappresentare un'opportunità per le imprese, favorendo l'innovazione e lo sviluppo di nuovi modelli di business più sostenibili.

Il cambiamento climatico è in sostanza una crisi di sistema, perciò, è essenziale considerare che l'adattamento riguarda la capacità della società di continuare a funzionare in modo efficace e giusto e le misure introdotte devono integrarsi con il modello di sviluppo stesso, permeando



le politiche economiche, le pratiche sociali e le strutture istituzionali. In questo senso l'approccio dell'economia circolare con i suoi concetti di riuso, rigenerazione e riciclaggio diventano elementi chiave per limitare l'estrazione delle risorse naturali e ridurre l'impatto ambientale. Il concetto di circolarità e la necessità di transizione verso questo modello ha favorito la creazione di molteplici **business circolari** migliorando in contempo l'ambiente, il territorio e creando nuovi posti di lavoro.

Altrettanto importanti per il raggiungimento degli obiettivi sono anche le innovazioni tecnologiche e sociali che aiutano a far fronte al clima cambiato e, conseguentemente, a adattarsi al contesto e al territorio in cui il tessuto produttivo è inserito. Le imprese che adottano tecnologie verdi e che sviluppano strategie di gestione delle risorse naturali in modo sostenibile sono in grado di ridurre i costi a lungo termine e di migliorare la loro immagine pubblica. Le imprese possono, inoltre, investire nella diversificazione delle proprie attività per ridurre la vulnerabilità ai rischi specifici del territorio. Ad esempio, le aziende agricole possono esplorare la coltivazione di varietà di piante resistenti alla siccità o l'adozione di pratiche agricole rigenerative per migliorare la fertilità del suolo e aumentare la resilienza alle condizioni climatiche avverse. Nei settori industriali investire in tecnologie di efficientamento nell'uso dell'energia e delle risorse in generale e in tecnologie di riduzione delle emissioni può non solo ridurre i costi, ma anche rispondere alle crescenti aspettative dei consumatori per prodotti sostenibili.

La necessità della collaborazione a diversi livelli

La natura globale del problema richiede una cooperazione tra governi nazionali, amministrazioni locali, organizzazioni internazionali, il settore privato e la società civile. Ognuno di questi attori ha competenze e risorse uniche che possono contribuire all'adattamento in modi diversi ma complementari. A livello internazionale, ad esempio, si possono stabilire standard e linee guida per una gestione climatica sostenibile, favorendo il trasferimento tecnologico e la condivisione delle conoscenze. A livello locale, invece, i governi e le comunità possono implementare azioni concrete come la protezione delle infrastrutture e la sensibilizzazione dei cittadini ai rischi climatici.

L'avvento delle nuove tecnologie ha aperto nuove possibilità per la gestione collaborativa dei cambiamenti climatici. I sistemi di monitoraggio satellitare e i big data permettono di raccogliere informazioni in tempo reale sugli eventi climatici, rendendo possibile una risposta più rapida e



coordinata agli eventi estremi. Ad esempio, l'uso di sensori e di tecnologie di Internet of Things (IoT) consente di monitorare il livello dei fiumi o il tasso di umidità del suolo, permettendo alle autorità locali di intervenire preventivamente in caso di rischi. Le piattaforme digitali facilitano la collaborazione tra enti diversi, consentendo la condivisione immediata di informazioni tra regioni e Paesi e riducendo i tempi di reazione. Inoltre, l'utilizzo di modelli di previsione avanzati basati su intelligenza artificiale consente di prevedere i potenziali impatti dei cambiamenti climatici, fornendo indicazioni cruciali per pianificare azioni di adattamento a lungo termine.

La COP 29 e la connessione con l'innovazione

La 29esima Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici da poco terminata ha ribadito l'importanza di mantenere l'aumento della temperatura globale entro 1,5 gradi centigradi ed ha stabilito un fondo pari a 300 miliardi l'anno a carico dei Paesi ricchi per finanziare la transizione energetica e l'adattamento ai cambiamenti climatici dei Paesi in via di sviluppo (PVS) fino al 2035, utilizzando risorse sia pubbliche che private. Tali fondi dovranno essere dedicati alla realizzazione di azioni concrete per sostenere i PVS nell'implementazione di soluzioni tecnologiche innovative per la sostenibilità e per il rafforzamento delle capacità locali.

Il ruolo dell'ENEA nell'adattamento ai cambiamenti climatici

Le attività e le competenze di ENEA si concentrano sulla sostenibilità e sul miglioramento della resilienza di territori e sistemi produttivi, mirando a minimizzare l'impatto dei cambiamenti climatici attraverso tre principali direttrici:

- promuovere l'adozione di pratiche e tecnologie sostenibili nelle industrie e nelle filiere produttive;
- supportare lo sviluppo di strategie per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali;
- contribuire ad elaborare modelli per la gestione e la prevenzione dei rischi climatici.

Le attività sono trasversali e riguardano lo sviluppo ed implementazione di modelli e servizi climatici, di strumenti di gestione territoriale per l'adattamento al cambiamento climatico, anche con utilizzo di soluzioni basate sulla natura, di tecnologie e sistemi intelligenti per la gestione sostenibile delle materie prime e della risorsa idrica, di approcci integrati per la sostenibilità e la resilienza delle filiere agroalimentari. **Le azioni sono svolte a livello nazionale in supporto ad imprese e Pubblica Amministrazione (locale e centrale) ed internazionale in supporto ai PVS, con un ruolo di supporto tecnico al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica per promuovere azioni comuni di trasferimento tecnologico e cooperazione, finalizzate alla mitigazione ed all'adattamento ai cambiamenti climatici.**

Serve un nuovo paradigma per la scienza del clima

La constatazione di questo inesorabile riscaldamento globale che ha ripercussioni osservabili in moltissimi altri sottosistemi (innalzamento del livello del mare, scioglimento dei ghiacciai montani e delle calotte polari, cambiamento nella fenologia o della distribuzione geografica di alcune specie, etc.) apre una serie di interrogativi e ci impone delle riflessioni sul ruolo della scienza e su come si debba interfacciare con la società....Ci sono ancora molte cose che non sappiamo, non capiamo o che non sappiamo riprodurre fedelmente con i modelli e c'è bisogno di creatività, inventiva e voglia di esplorare per migliorare la nostra capacità di capire il mondo che ci circonda. È necessario un cambiamento di paradigma nel modo in cui la scienza del clima si interfaccia con la società.

DOI 10.12910/EAI2024-045



di Carlo Buontempo, Direttore del Copernicus Climate Change Service (C3S)

Gli ultimi mesi sono stati inusuali rispetto alle medie climatiche dei decenni precedenti per molte zone del pianeta. Per essere più precisi è molto probabile che siano stati -a livello globale- i più caldi registrati dalla metà del 1700, ossia da quando iniziamo ad avere delle misure affidabili della temperatura dell'aria (solo in Europa), e verosimilmente tra i più caldi degli ultimi 100.000 anni.

A partire dal giugno del 2023, e con la sola eccezione del luglio di quest'anno, tutti i mesi fino all'agosto 2024 sono stati i più caldi mai registrati. A dircelo in tempo reale sono stati i dati resi disponibili dal programma europeo Copernicus sui cambiamenti climatici (Copernicus Climate Change Service, C3S nel suo acronimo inglese).

Queste conclusioni sono basate sulle decine di milioni di osservazioni meteo-oceanografiche che ogni giorno confluiscono al Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF) dove vengono integrate in un modello meteorologico. La prima fase di ogni previsione numerica del tempo è quella dell'analisi delle condizioni meteorologiche, o più semplicemente analisi, in cui si cerca di caratterizzare nella maniera più accurata possibile il valore che tutte le variabili meteorologiche hanno in un determinato istante in tutti i punti del pianeta. Questa è la "condizione iniziale" da dove si iniziano ad integrare le equazioni del moto, della termodinamica e del trasferimento radiativo per stimare lo stato futuro del clima planetario.

Le tecniche di data assimilation sono un nuovo modo di monitorare il cambiamento climatico

La complessa tecnologia che permette tutto questo si chiama variational data assimilation ed ha rappresentato uno dei punti chiave della "rivoluzione silenziosa" che ha permesso di migliorare fortemente le previsioni meteorologiche negli ultimi 30 anni; infatti, le previsioni attuali a 5 giorni sono più accurate di quanto non fossero quelle a 3 giorni negli anni '90. Ma lo sviluppo di tecniche di data assimilation ci ha anche dato un nuovo modo di monitorare il cambiamento del clima del pianeta.

Se infatti si mettono insieme tutte queste analisi giorno dopo giorno, anno dopo anno, si può vedere quanto è cambiata negli anni ogni singola



variabile meteorologica in tutto il pianeta. **Questo tipo di analisi è quello che ci permette di dire che gli ultimi 18 mesi non hanno avuto precedenti nel nostro dataset che inizia nel 1940.** Ma questo risultato non dipende dal modello di rianalisi Europeo chiamato ERA5 (ECMWF ReAnalysis version5) o dal sistema di misura che abbiamo utilizzato. Se invece di utilizzare ERA5 avessimo utilizzato le analisi del modello statunitense o di quello giapponese saremmo arrivati alle stesse conclusioni. Lo stesso sarebbe successo se avessimo utilizzato solo i dati di temperatura delle stazioni climatiche dell'organizzazione meteorologica mondiale (WMO). **La constatazione di questo inesorabile riscaldamento globale che ha ripercussioni osservabili in moltissimi altri sottosistemi (innalzamento del livello del mare, scioglimento dei ghiacciai montani e delle calotte polari, cambiamento nella fenologia o della distribuzione geografica di alcune specie, etc.) apre una serie di interrogativi e ci impone delle ri-**

flessioni sul ruolo della scienza e su come si debba interfacciare con la società.

Negli ultimi mesi ci sono state delle "sorprese"

La prima considerazione è che negli ultimi mesi ci sono state delle "sorprese". Infatti, non tutto quello che abbiamo osservato è del tutto comprensibile a partire dalle attuali conoscenze scientifiche sul clima terrestre. Ad esempio, il salto nella temperatura media globale riscontrato tra la fine dell'estate 2023 e l'inizio dell'inverno '23-'24 si pone vicino al limite superiore della distribuzione degli outputs dell'ultima generazione di modelli climatici.

Anche la vasta e rapidissima perdita di ghiaccio marino nell'oceano antartico ha sorpreso gli addetti ai lavori che pure si aspettavano una riduzione nella copertura della banchisa antartica. Lo stesso si può dire per l'incremento inaspettato nella Equilibrium Climate Sensitivity, (ossia l'aumento della temperatura del pianeta

che si otterrebbe raddoppiando la concentrazione di gas a effetto serra una volta che gli effetti transienti di questo cambiamento fossero svaniti), riscontrato tra l'ultima generazione di modelli climatici rispetto alla precedente. Per evitare di trasformare la scienza in una retorica fideistica gestita da un gruppo di esperti isolati dalla società, è importante evidenziare le cose che non sappiamo o non capiamo, che in realtà sono lo stimolo per approfondire le nostre conoscenze. **Nel dibattito pubblico sul ruolo della scienza e specialmente su quella del clima, spesso non traspare il ruolo che la curiosità e l'ignoranza hanno nella progressione del pensiero scientifico.**

Ci sono ancora molte cose che non sappiamo, non capiamo o che non sappiamo riprodurre fedelmente con i modelli e c'è bisogno di creatività, inventiva e voglia di esplorare per migliorare la nostra capacità di capire il mondo che ci circonda.

Le previsioni meteo-climatiche sono migliorate in modo significativo

La seconda considerazione da fare è che, al netto della nostra "ignoranza", non siamo completamente ciechi. Al contrario, **le previsioni meteo-climatiche, che sono una cartina di tornasole della nostra comprensione del clima planetario, sono migliorate in modo significativo e costante negli ultimi decenni, molto di più di quanto sia avanzata la nostra capacità di prevedere il futuro in altri settori.** Questo ci dovrebbe fare riflettere, perché mentre si continua a basare le scelte politiche sulle inevitabilmente poco affidabili previsioni finanziarie, non siamo stati in grado di utilizzare pienamente le informazioni sul clima che si erano fatte qualche decennio fa e che descrivevano in modo abbastanza accurato il nostro clima attuale.

All'inizio di questo secolo si prevedeva che la tristemente famosa ondata di calore dell'estate del 2003, che ebbe un effetto devastante su buona parte dell'Europa meridionale, sarebbe diventata un evento comune a partire dalla fine di questo decennio e sarebbe addirittura risultata un'estate fresca partire dalla metà del secolo.

Le osservazioni attuali stanno dando ragione a quelle proiezioni ma, anche se si è reagito e si sono messi in atto piani di adattamento regionali e nazionali, non siamo stati in grado di sfruttare a fondo il potenziale che queste previsioni ci avrebbero potuto fornire.

E' necessario un cambiamento di paradigma

Credo sia necessario un cambiamento di paradigma nel modo in cui la scienza del clima si interfaccia con la società, che a mio parere dovrebbe prendere spunto da 5 punti.

1. Investimento strutturale sulla ricerca del clima e sul miglioramento e manutenzione della rete osservativa globale. Se non misuriamo non sappiamo, se non studiamo non capiamo.

2. Nuova relazione tra ricerca scientifica e modellistica operativa. L'informazione climatica, che già oggi gioca un ruolo importante in una vastissima serie di decisioni e di regolamenti, non può essere generata come prodotto secondario di una filiera di ricerca, ma dovrebbe essere invece concepita come prodotto di un sistema operativo, analogamente a quanto già avviene per le previsioni meteorologiche dove un modello operativo viene utilizzato per le previsioni, mentre la ricerca avviene su un modello sperimentale che deve dimostrare di dare risultati migliori del sistema operativo per poter ambire a sostituirlo.

3. Rendere operativa la generazione e la distribuzione dei dati sulle forzanti climatiche (climate forcing). Perché la filiera operativa funzioni è necessario che i dati sulle forzanti climatiche che più influenzano il clima e che sono necessarie dati di ingresso per i modelli (come per esempio la radiazione solare, concentrazione del particolato, concentrazione dei gas serra e dell'ozono, ...) siano anche esse generate, curate e distribuite come un output operativo.

4. Lavorare sull'interfaccia tra dati climatici e società. L'informazione climatica non può avere l'impatto che dovrebbe avere senza che siano coinvolti gli utenti (come, ad esempio, i legislatori e gli amministratori locali) alla sua generazione. Questo vuol dire rendere operativa una fase di co-progettazione degli scenari che vengano utilizzati per le simulazioni. Molte delle scelte nazionali ed europee avranno degli impatti sulla forzante climatica regionale e di questo non si tiene quasi mai conto in modo operativo.

5. Migliorare il processo di trasmissione delle informazioni climatiche ai decisori politici. Poter presentare un'ottima simulazione non è detto che produca l'impatto dovuto, ma progettare un processo legislativo in cui le informazioni climatiche abbiano un ruolo diretto può avere un effetto molto più ampio. Per esempio, l'Europa si sta dotando della capacità di stimare le emissioni di biossido di carbonio, CO₂, e metano, CH₄, a partire da dati satellitari. Questa informazione potrebbe essere utilizzata in un futuro per monitorare il rispetto della normativa e degli accordi internazionali.

Quest'ultimo non è l'unico esempio di interazione tra dati climatici e legislazione. Già ora i dati prodotti da Copernicus sono menzionati in numerosi regolamenti europei, il Green Deal o la EU taxonomy. Sono piccoli timidi passi, ma sono essenzialmente nella giusta direzione. Nella complessità del mondo che ci circonda ed ancor di più in quella del mondo che ci circonda, questo è a mio parere un piccolo progresso che spero sapremo coltivare.

Il ruolo del CNR per la comprensione dei fenomeni ambientali e per la biodiversità

La comprensione dei fenomeni ambientali è fondamentale al fine di attivare le corrette strategie di mitigazione e di adattamento al cambiamento climatico. Il CNR è attivamente coinvolto nella raccolta di dati e nello sviluppo di progetti volti al monitoraggio ambientale e, nell'ambito del PNRR, è capofila del progetto ITINERIS che coinvolge 22 infrastrutture di ricerca e dispone di un budget di oltre 150 milioni di euro, con l'obiettivo di creare un polo italiano per le infrastrutture di ricerca nelle scienze ambientali.

DOI 10.12910/EAI2024-046



di Maria Chiara Carrozza, Presidente del CNR
e Francesco Petracchini, Direttore del Dipartimento Scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente del CNR

Le città nel mondo ospitano oltre la metà della popolazione globale; circa 4,4 miliardi di abitanti. Si prevede che questa popolazione urbana raddoppi entro il 2050, portando a una situazione in cui quasi 7 persone su 10 vivranno in aree urbane. A causa di questa elevata densità di popolazione, le città contribuiscono a oltre l'80% del prodotto interno lordo (PIL) globale e sono responsabili di una parte significativa delle emissioni di gas serra (GHG).^Q

Uno studio recente dell'UNDP evidenzia che le città sono particolarmente vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico, che si manifesta in vari modi, tra cui:

- **Eventi Meteorologici Estremi:** un aumento della frequenza e dell'intensità di tempeste e ondate di calore.
- **Innalzamento del Livello del Mare:**

che minaccia le comunità costiere e le infrastrutture.

- **Inquinamento e Ondate di Calore:** che amplificano i rischi per la salute pubblica.

Questi fenomeni climatici generano ulteriori problematiche, come la minaccia alla disponibilità di cibo e acqua e l'aumento delle disuguaglianze sociali ed economiche. Infatti, i cambiamenti climatici compromettono la sicurezza alimentare e l'accesso all'acqua, mentre le disparità esistenti vengono amplificate.

Anche l'Italia, come tutta l'area del Mediterraneo è fortemente impattata dai cambiamenti climatici, i cui effetti si manifestano con l'aumento medio delle temperature; negli ultimi trent'anni si è registrato infatti un incremento delle temperature medie nelle città italiane, che è destinato a proseguire negli anni futuri. Le onda-

te di calore sono sempre più frequenti, aumentando i rischi legati a questi eventi estremi e anche alle alluvioni urbane.

Il progetto ITINERIS

La comprensione dei fenomeni ambientali è fondamentale al fine di attivare le corrette strategie di mitigazione e di adattamento. Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) è attivamente coinvolto nella raccolta di dati e nello sviluppo di progetti volti al monitoraggio ambientale. Riguardo le infrastrutture di ricerca il CNR è capofila del progetto ITINERIS, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Questo progetto coinvolge 22 infrastrutture di ricerca e dispone di un budget di oltre 150 milioni di euro, con l'obiettivo di creare un polo italiano per le infrastrutture di ricerca nelle scien-



ze ambientali. **L'obiettivo principale di ITINERIS è osservare e studiare i processi ambientali nell'atmosfera, nel dominio marino, nella biosfera terrestre e nella geosfera.** La missione di ITINERIS è promuovere la ricerca interdisciplinare nelle scienze ambientali, attraverso il riutilizzo di dati e servizi esistenti, nonché nuove osservazioni. Si concentra su questioni rilevanti sia dal punto di vista scientifico sia sociale, come l'uso sostenibile delle risorse naturali, l'implementazione di soluzioni basate sulla natura, la promozione di un'economia verde e blu, la riduzione dell'inquinamento, la gestione e il ripristino di ecosistemi e zone critiche, il ciclo del carbonio e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.

Oltre a questo ambizioso progetto, il CNR è coinvolto in ulteriori attività di ricerca; fra queste si cita il monitoraggio di aree gravemente impattate dai cambiamenti climatici, come le

montagne. A tale proposito il CNR, in collaborazione con il Club Alpino Italiano (CAI), ha istituito la Rete di Rifugi CAI e Osservatori CNR, che si estende lungo tutta la penisola. L'obiettivo è integrare le infrastrutture esistenti per ottenere un quadro aggiornato sullo stato del clima e dell'ambiente montano.

Oltre agli interventi tecnologici e pianificatori, le città possono migliorare le loro performance e favorire una rinnovata vivibilità e una maggiore resilienza agli impatti ambientali e climatici aumentando la biodiversità urbana. Infatti, la natura e la biodiversità forniscono un supporto cruciale per l'adattamento ai cambiamenti climatici, offrendo numerosi benefici collegati alla biodiversità urbana. Questa, oltre a rafforzare la resilienza agli impatti climatici, può migliorare la salute umana. La letteratura scientifica evidenzia infatti collegamenti indiretti tra la biodiversità ur-

bana e il benessere fisico. Dal punto di vista sociale, gli ambienti ricchi di biodiversità, come i quartieri alberati, favoriscono le interazioni sociali, contribuendo positivamente alla coesione sociale. Infine, ci sono evidenze che suggeriscono come la varietà di specie vegetali e animali possa avere effetti benefici sulla salute mentale e sul benessere generale delle persone.

Triplicare gli investimenti in NBS entro il 2030 e quadruplicarli entro il 2050 per arrivare a 8100 miliardi di dollari

Il CNR è capofila del National Biodiversity Future Center, uno dei centri nazionali del PNRR dedicati alla ricerca. Attraverso i suoi istituti, il CNR mappa la biodiversità urbana e i piani del verde in Italia per una futura pianificazione integrata.

La biodiversità non è solo una questione di numeri, ma anche di qualità delle strategie di conservazione,

delle dinamiche ecosistemiche e soprattutto di equilibrio con l'uomo. Il National Biodiversity Future Center nasce infatti con l'idea che studiare la biodiversità non ha solo importanti ricadute in termini di gestione e conservazione del territorio, ma anche in termini di costruzione di un nuovo approccio culturale che porti a un futuro più resiliente e sostenibile per tutti gli abitanti del pianeta. **Proteggere gli ecosistemi significa garantire che le generazioni future possano continuare a godere dei benefici derivanti dalla natura.**

Il progetto mira quindi a studiare come dovranno essere le città del futuro anche attraverso la biodiversità e l'utilizzo delle Nature-Based Solution (NBS). Il CNR, nell'ambito di NBFC, è in prima linea nel panorama NBS in Europa grazie ad azioni dedicate che riguardano: il supporto alla costituzione del NBS Italy Hub, che ha il ruolo di aggregare tutte le istituzioni nazionali pubbliche e private attive nel campo delle NBS, per migliorare l'inclusione delle NBS nelle politiche e nei programmi di finanziamento nazionali e locali.

L'investimento nello sviluppo delle

Nature-Based Solutions è non solo auspicabile, ma economicamente imperativo. **Il World Economic Forum stima il valore economico della natura a 44mila miliardi di dollari, con oltre la metà del PIL mondiale moderatamente o fortemente dipendente dai suoi servizi.** Per raggiungere gli obiettivi globali di contrasto al cambiamento climatico, protezione della biodiversità e ripristino del territorio, il World Economic Forum prevede la necessità di triplicare gli investimenti in NBS entro il 2030 e quadruplicarli entro il 2050, per un investimento cumulativo di 8100 miliardi di dollari e un investimento annuo di 536 miliardi di dollari.

In Italia, questo impegno si concretizza con **l'Hub nazionale sulle NBS, lanciato nel 2023.** Coordinato dall'Istituto di Ricerca sugli ecosistemi terrestri del CNR, l'Hub riunisce ricercatori, amministratori, imprese e settore pubblico per promuovere l'adozione delle NBS e raccogliere informazioni su iniziative già in corso, nell'ambito del progetto europeo NetworkNature. Il CNR si impegna a promuovere la diffusione del concetto di NBS, adattandolo alle spe-

cificità locali, regionali e nazionali, grazie alla collaborazione con enti di ricerca, università, municipalità, città metropolitane e altri soggetti pubblici. **L'Hub rappresenta quindi una piattaforma cruciale per trasformare le sfide ambientali in opportunità di sviluppo sostenibile in Italia.**

L'approccio multidisciplinare, che integra la ricerca scientifica con la pianificazione territoriale e le esigenze sociali, è fondamentale per sviluppare strategie di adattamento e mitigazione efficaci. L'investimento nella comprensione dei fenomeni ambientali e nella promozione di soluzioni basate sulla natura, come la valorizzazione della biodiversità urbana, non solo contribuisce alla resilienza delle città italiane, ma genera anche benefici economici e sociali di lungo termine. La sfida richiede un impegno collettivo e un investimento significativo, ma il ritorno, in termini di benessere umano e sostenibilità ambientale, è di inestimabile valore. **Il CNR, con la sua competenza e il suo impegno, è determinato a guidare questo processo di trasformazione verso un futuro più sostenibile per le città italiane e per l'intero pianeta.**

Per l'agricoltura il climate change è una delle tematiche più complesse

Tenere testa al climate change è una delle tematiche più complesse e preoccupanti che l'agricoltura deve affrontare, senza perdere altro tempo. Perché il rapporto di simbiosi del settore primario con la natura espone la produzione agricola alle minacce del cambiamento climatico più di altre industrie, ma nello stesso tempo le permette (e le attribuisce il compito fondamentale) di agire direttamente sulla natura per attuare misure di mitigazione e di adattamento. La sfida va vinta adesso, con un approccio multidisciplinare, orientato da ricerca e innovazione sostenibile, che contempi un mix di misure e progetti operativi. Non bisogna aver paura del futuro e arrestare i processi di innovazione.

DOI 10.12910/EAI2024-047



di Cristiano Fini, Presidente Cia - Agricoltori Italiani

Nonostante abbia subito in modo pesante gli effetti di eventi come la pandemia e la guerra in Ucraina, l'agricoltura ha sempre dimostrato una vigorosa capacità di resistenza, reazione e adattamento. Con riferimento ai cambiamenti climatici, la resilienza si dimostra più complessa, perché l'agricoltura rappresenta il settore più esposto all'impatto dell'aumento delle temperature globali: le crescenti fluttuazioni della stagionalità perturbano i cicli agricoli, mentre i cambiamenti delle caratteristiche delle precipitazioni e degli eventi meteorologici estremi pongono sfide considerevoli.

Le ondate di calore, la siccità, le tempeste o le inondazioni hanno cambiato la geografia delle colture e ridotto le produzioni. Le calamità climatiche sono raddoppiate rispetto al passato,

umentando di cinque volte le perdite di raccolto di frutta e verdura. Ormai, i fattori climatici da soli spiegano tra il 20% e il 49% delle fluttuazioni del rendimento agricolo. Si calcola che il climate change abbia tolto all'Italia un frutto su quattro, mettendo a rischio circa 1200 prodotti. Un centinaio di questi sono Dop e Igp. In definitiva, sotto temperature elevate e siccità, gelate e alluvioni, il nostro Paese, primo al mondo per numero di denominazioni -855 tra cibo e vino- vede compromesso già il 10% delle sue produzioni certificate, dal Piemonte alla Sicilia.

In questi ultimi anni, si sta assistendo a un cambiamento copernicano sul tema del cambiamento climatico. Si è passati da una certa diffidenza a una sensibilità ambientale molto spiccata. I recenti dati pubblicati dalla Commissione europea segna-

lano infatti, che nel 2023 l'82% degli italiani lo considera ormai come un problema molto serio contro il 77% della media Ue. **Tenere testa al climate change diventa, dunque, una delle sfide più complesse e preoccupanti che l'agricoltura deve affrontare, senza perdere altro tempo.** Certamente, si tratta di un fenomeno complesso che ha un impatto a tutti i livelli: sociale, politico ed economico, con conseguenze che impongono di attuare profonde trasformazioni in tutti i settori economici. Il rapporto di simbiosi del settore primario con la natura espone la produzione agricola alle minacce del cambiamento climatico più di altre industrie, ma nello stesso tempo le permette (e le attribuisce il compito fondamentale) di agire direttamente sulla natura per attuare misure di mitigazione e di adattamento.

L'agricoltura è la chiave per trovare soluzioni durature nel tempo e di ampio respiro

Secondo uno studio del Censis, di fronte all'aggravarsi di alcune minacce globali alla sostenibilità ambientale, l'agricoltura è la chiave per trovare soluzioni durature nel tempo e di ampio respiro. Dallo studio emerge, infatti, che per circa il 70% dei cittadini l'agricoltura svolge un ruolo primario nell'affrontare gli effetti del riscaldamento globale ed è pienamente impegnata nel promuovere la sostenibilità ambientale.

Si evidenzia, inoltre, come l'agricoltura italiana sia in costante trasformazione produttiva e come le sue imprese (690mila) e i suoi addetti (834mila)

abbiano già attivato una serie di meccanismi virtuosi di adattamento ai cambiamenti climatici. La sfida, secondo Cia, va, dunque, vinta adesso, con un approccio multidisciplinare, orientato da ricerca e innovazione sostenibile, che contempra un mix di misure e progetti operativi. Serve un'accelerata importante per avere in campo strumenti e soluzioni tecnologiche più adeguate a contrastare e anticipare le catastrofi naturali.

Per resistere e continuare a garantire cibo per tutti c'è bisogno in primis di mettere in sicurezza il territorio e di attivare nuove misure e investimenti adeguati sulle varietà resistenti, investendo sulla ricerca e l'innovazione. In questo scenario, noi crediamo si debba puntare soprattutto sulle

tecniche di miglioramento genetico, portando avanti la sperimentazione in campo per sviluppare piante più resilienti agli stress climatici e alle malattie e per tutelare sia la produttività che la sostenibilità del settore. Al contempo, **è necessario accelerare sull'agricoltura 4.0, per produrre di più con meno risorse grazie a sistemi satellitari e robotizzazione in campo.** Conosciute anche con l'acronimo inglese NGT (New Genomic Techniques) e tradotte in italiano con Tea, le Tecnologie di Evoluzione Assistita sono nuove biotecnologie sviluppatesi a partire dagli anni 2000. Si tratta di mutazioni indistinguibili e ottenute grazie all'editing genetico -in tutto e per tutto identiche a quelle che si originano in natura- e sono frutto del



lavoro pionieristico che è stato condotto dalle scienziate Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna, cui è stato assegnato il premio Nobel per la Chimica nel 2020. I vantaggi cui porterebbero le Tea potrebbero essere duplici, portando alla riduzione dell'impatto ambientale degli agrofarmaci, che diventerebbero meno indispensabili. Se vogliamo fare un elenco di esempi pratici, potremmo parlare di pomodori capaci di accumulare vitamina D, ma anche resistenti allo stress salino e allo stress idrico; agrumi arricchiti di composti antiossidanti; melanzane senza semi che consentono di estendere il periodo di raccolta; cereali con semi più grandi per contribuire ad aumentarne la produzione oppure mele in grado di resistere alle malattie, in particolare la ticchiolatura, che rappresenta la principale patologia di questo frutto. Per il riso, invece, si può ipotizzare una mutazione genetica che ne favorisca un'architettura delle radici che esplori la profondità del terreno, rendendolo più resiliente alle condizioni di siccità.

Il PE accelera sul nuovo Regolamento sulle Tecnologie di Evoluzione Assistita (TEA)

Tutte queste piantine non hanno nulla a che fare con gli Ogm, ma consentono di correggere il Dna delle piante e quindi di selezionare caratteri specifici, utili per l'agricoltura. **Le nuove tecniche consentono, infatti, di indirizzare modifiche in modo controllato e in punti precisi del genoma. Ciò permette di introdurre nuovi caratteri senza dover ricorrere all'inserimento di geni da altre specie, rendendo un organismo più resiliente a un cambiamento ambientale e con-**

sentendo di conservare inalterato il patrimonio genetico di una varietà tipica, esattamente com'è.

E' una tecnologia relativamente semplice ed economica, facilmente applicabile al sistema produttivo italiano, ricco di colture antiche, di nicchia e piccole imprese. Le piante ottenute mediante le Tea non contengono, dunque, Dna di origine esterna, ma solo una mutazione, che è in tutto e per tutto equivalente a ogni mutazione indotta dall'ambiente - ad esempio, dalle radiazioni solari - o da agenti mutageni. **Occorre, ora, accelerare l'iter legislativo a livello europeo per l'innovazione genetica e ora il nostro auspicio è che il nuovo Parlamento Ue acceleri sul nuovo Regolamento sulle Tea. Non bisogna, infatti, aver paura del futuro e arrestare i processi di innovazione. E' in gioco la sopravvivenza delle nostre colture ai cambiamenti climatici e all'aggressione degli agenti patogeni. Non possiamo perdere l'ennesimo treno a causa della scarsa fiducia nella ricerca.** Per dimostrare come sia necessaria l'innovazione per rispondere agli effetti del climate change, vogliamo ricordare il dialogo già aperto fra il settore primario e i centri di ricerca in quella che viene chiamata "agricoltura 4.0". Con queste definizioni si vuole intendere un'agricoltura che abbia l'obiettivo di produrre di più e meglio, coniugando l'incremento del reddito agricolo e delle risorse alimentari con il rispetto del fragile equilibrio ambientale.

L'agricoltura 4.0 non può più prescindere da macchinari altamente tecnologici e dalla sensoristica di precisione, che permettono di migliorare il ciclo produttivo in termini sia quantitativi che qualitativi. Un uso in-

telligente e mirato dell'attività irrigua, per esempio, può convogliare l'acqua solo dove il terreno ne abbia necessità, così anche lo sviluppo della robotica che potrà ridurre i rischi reali per i lavoratori e cancellare per sempre reati odiosi come il caporalato. Altri esempi di agricoltura "di precisione" li troviamo in zootecnia per evitare perdite di prodotto o per migliorare il benessere dei capi; ma sono frequenti anche nel settore vitivinicolo, dove la sensoristica può rilevare anomalie nella circolazione linfatica delle piante, permettendo di intervenire in modo tempestivo.

Le prospettive dell'agricoltura 4.0

Grazie all'agricoltura 4.0 si ottiene, quindi, un risparmio sui vari input produttivi che può arrivare a raggiungere il 30%. Parallelamente, la produttività può aumentare fino al 20%. Il tutto senza ricorrere a sostanze chimiche che vanno ad alterare le proprietà delle materie prime. L'agricoltura 4.0 sembra in grado di raggiungere diversi traguardi: da una parte una crescita complessiva della qualità dei prodotti finiti, dall'altra la gestione migliorata dei tanti diversi processi produttivi, dall'organizzazione del tempo del raccolto allo sfruttamento più efficace dei campi. **Solo, dunque, con innovazione, ricerca e nuove tecnologie è possibile arrivare a una sintesi tra sicurezza alimentare e sostenibilità ambientale. L'obiettivo è quello di riuscire ad affrontare la più grande sfida che ci pone il climate change: continuare a produrre cibo di qualità per una popolazione mondiale che a breve raggiungerà i 9 miliardi.**

Una sfida vitale per il Pianeta

L'allarme degli scienziati sui ritardi della transizione e di decise misure di mitigazione, cioè taglio delle emissioni climalteranti, ci dice che, se non si agisse subito, potremmo arrivare a non poter avere i mezzi per far fronte al cambiamento climatico. Gli esperti ci dicono che si può e si deve agire per evitare gli scenari peggiori. Sarà l'economia dell'energia pulita, delle rinnovabili, a definire il futuro del pianeta. Bisogna investire nella transizione, rapida, giusta ed equa, cioè nelle tecnologie già oggi disponibili, le energie rinnovabili.

DOI 10.12910/EAI2024-048



di Mariagrazia Midulla, Responsabile per il Clima e l'Energia del WWF Italia

La comunità scientifica esprime sempre maggiore preoccupazione sugli scenari climatici futuri. Nel luglio 2024, a Istanbul, è stata decisa la scansione del lavoro per il VII rapporto dell'IPCC: verranno prodotti i tre contributi dei Gruppi di Lavoro (Basi della Scienza Fisica; Impatti, Adattamento e Vulnerabilità; Mitigazione del Cambiamento Climatico).

La Relazione di Sintesi del Settimo Rapporto di Valutazione sarà prodotta dopo il completamento dei rapporti dei Gruppi di Lavoro e sarà pubblicata entro la fine del 2029. Inoltre, tra gli altri verranno stilati un Rapporto speciale sul cambiamento climatico e le città e un Rapporto Metodologico sulle Tecnologie di Rimozione della CO₂, Cattura, Utilizzo e Stoccaggio del Carbonio.

Gli scienziati si sbracciano ad avvisarci che è sempre più stretta la finestra per agire ed evitare che si su-

peri in modo stabile la soglia di 1,5°C di aumento della temperatura media globale, una soglia che probabilmente avremo per la prima volta raggiunto quando leggerete questo articolo. Un anno non fa media, tuttavia siamo ormai oltre il segnale di codice rosso.

Il monito della Banca Centrale Europea

In un articolo¹ sul blog di quello che certamente non è un ritrovo di ambientalisti, e cioè della **Banca Centrale Europea**, si scriveva che "ogni giorno di ritardo porta alla necessità di politiche ancora più severe, di progressi tecnologici più rapidi e di cambiamenti comportamentali più profondi. Il restringimento dei tempi, a sua volta, aumenta i rischi di transizione per le economie di tutto il mondo".

Ma gli scienziati e gli ambientalisti sanno che il pericolo è ancora maggiore. In un articolo pubblicato su Na-

ture², un gruppo di scienziati di varie nazionalità, dopo aver condotto uno studio, sostiene che il superamento anche solo temporaneo di 1,5°C comporta un'incertezza significativa in termini di impatti climatici e rischi associati, con un aumento notevole di rischio di livelli di riscaldamento molto più elevati. **Secondo quegli scienziati, solo una rapida riduzione delle emissioni a breve termine è efficace per ridurre i rischi climatici. Il superamento, anche temporaneo, della soglia di 1,5°C comporterebbe conseguenze irreversibili per gli esseri umani e gli ecosistemi, come l'innalzamento del livello del mare e la perdita di ecosistemi.**

È dunque del tutto evidente che coloro che allegramente si crogiolano in scenari che vedono i combustibili fossili ancora largamente usati nelle economie di più antica industrializzazione sino a metà del secolo, se non oltre, stanno letteralmente giocando

¹ <https://www.ecb.europa.eu/press/blog/date/2023/html/ecb.blog231204-10971cb7d9.en.html>

² <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08020-9>

col fuoco, mettendo a rischio altissimo il pianeta come lo conosciamo e la vita di milioni di persone.

Non dimentichiamo, peraltro, che quando si gioca con le persone e gli ecosistemi, si gioca anche con l'economia, quella che non guadagna direttamente dai combustibili fossili. Tutti hanno in mente quanto successo nel mese di novembre 2024 a Valencia, in Spagna. Il disastro è poi sparito dai radar dell'opinione pubblica mondiale, come ormai succede sempre e meticolosamente con il moltiplicarsi degli eventi estremi. Non solo. **La Romagna, la Tessaglia, la Libia, Valencia: a poco a poco dimentichiamo tutto.** Per le persone che vivono lì, però, una volta terminato il conto dei morti e dei feriti, andati via i primi soccorsi, cominciano i problemi veri: le scuole non riaprono, l'acqua non si può bere, i mezzi pubblici non ci sono. E poi si perdono i posti di lavoro: è vero che il Governo

spagnolo ha introdotto il congedo climatico retribuito, ma vale per il periodo dell'evento disastroso e fino a quattro giorni. Non sappiamo quanti posti di lavoro saranno persi alla fine, certamente l'economia della zona cambierà e immaginiamo che molte piccole attività saranno costrette a chiudere. Se poi gli eventi estremi dovessero ripetersi, come accaduto in Romagna, una volta dato fondo ai risparmi le persone potrebbero non riuscire più a riprendersi.

L'Italia e le politiche di adattamento

È un quadro senza dubbio preoccupante, come preoccupante è, nel nostro Paese, l'assenza di politiche di adattamento, visto che il Piano approvato alla fine del 2023 è stato poi riposto nei capaci cassetti del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Però l'allarme degli scienziati sui ritardi della

transizione e di decise misure di mitigazione, cioè taglio delle emissioni climalteranti, ci dice che, se non si agisse subito, potremmo arrivare a non poter avere i mezzi per far fronte al cambiamento climatico. "Le piogge e le inondazioni da record, la rapida intensificazione dei cicloni tropicali, il caldo mortale, la siccità implacabile e gli incendi furiosi che abbiamo visto quest'anno in diverse parti del mondo sono purtroppo la nostra nuova realtà e un'anticipazione del nostro futuro", ha dichiarato Celeste Saulo, segretaria generale dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale. Una realtà che spesso nemmeno è conosciuta e riconosciuta dalla politica nelle diverse parti del mondo. In tutto questo, i gas serra immessi nell'atmosfera, per lo più emessi dall'uso dei combustibili fossili (carbone, petrolio e gas, non lo dimentichiamo), aumentano invece di diminuire: la concentrazione atmosferica di anidride carbonica (CO₂) è



aumentata da circa 278 ppm nel 1750 a 420 ppm nel 2023, con un aumento del 51%. Secondo le Nazioni Unite, con le politiche attuali arriveremo a un riscaldamento di 3,1°C entro il 2100. **Eppure, gli esperti ci dicono che si può e si deve agire per evitare gli scenari peggiori. Sarà l'economia dell'energia pulita, delle rinnovabili, a definire il futuro del pianeta. I trucchi e gli sprechi non sono ammessi.** Politiche dilatorie fatte di attesa di fonti di energia miracolosa avrebbero un effetto deleterio.

D'accordo continuare a fare ricerca sulla fusione nucleare, per esempio, ma annunci di una disponibilità imminente sono solo un modo per continuare con i combustibili fossili aspettando Godot. **Bisogna investire nella transizione, rapida, giusta ed equa, cioè nelle tecnologie già oggi disponibili, le energie rinnovabili. Lo sta facendo la California, con ottimi risultati.** Ma lo stanno facendo anche tanti Stati USA governati dai repubblicani. Questa consapevolezza genera ottimismo anche dopo il risultato zoppo sugli aiuti ai Paesi in Via di Sviluppo della COP29 a Baku e l'annunciata volontà di ritirarsi (di nuovo) dall'Accordo di Parigi annunciata dal Presidente Trump.

I costi in discesa rapida dell'eolico, del fotovoltaico e delle batterie (più del 90% in meno di 15 anni), rendono le soluzioni oggi disponibili sempre più capaci di condurre da sole la partita dell'energia, specie se unite a misure di demand response e di uso efficiente dell'energia. Perché serve un cambio di passo, occorre fare di più e meglio con meno energia. Finora, diciamo, le misure di efficienza sono state applicate seriamente solo in presenza di difficoltà di approvvigionamento dei combustibili fossili, e durante l'ultima crisi energetica nemmeno tanto. Per il resto sono state usate, nella fase di avvio della transizione, solo per essere retoricamente contrapposte alle rinnovabili, quando è di tutta evidenza che devono andare avanti di pari passo.

Zone del mondo inabitabili

Secondo l'IPCC, la calotta glaciale della Groenlandia potrebbe crollare in modo irreversibile, minacciando le città, da New York a Shanghai, mentre il calore e l'umidità estremi potrebbero rendere inabitabili ampie zone del mondo. Gli scienziati prevedono anche un crescente tributo di malattie, scarsità dei raccolti e disastri meteorologici. Probabilmente ci vorranno

migliaia di anni prima che i ghiacci della Groenlandia scompaiano completamente, ma altri impatti - come la morte delle barriere coralline in tutto il mondo e le ondate di calore prolungate - potrebbero verificarsi nel giro di pochi decenni.

Diciamocelo, **viviamo già in un nuovo clima, ma non sappiamo ancora del tutto cosa comporta. Gli eventi estremi ci stanno sorprendendo per la loro violenza e per la frequenza, e molti altri fenomeni silenziosi, ma non per questo meno minacciosi, stanno progredendo.** Parliamo della fusione dei ghiacci in Antartide, per esempio, o del possibile collasso delle correnti atlantiche, a cominciare dalla Corrente del Golfo, con conseguenze inimmaginabili per la salute degli ecosistemi su tutto il Pianeta -le correnti marine portano anche nutrienti, tanto per dirne una- e sul clima globale, a cominciare da quello europeo. Davanti a questi scenari non si possono più tollerare furbizie: ognuno deve fare la propria parte e usare le tecnologie davvero pulite che già abbiamo -le fonti rinnovabili, soprattutto solare ed eolico- per vincere una sfida davvero vitale per il Pianeta come lo conosciamo e, dunque, la stessa civilizzazione umana.

La sfida climatica: rischi e opportunità

I continui disastri in varie parti del mondo ed in Italia impongono di accelerare sia le misure per adattarsi all'inevitabile emergenza climatica che quelle volte a ridurre le emissioni. E' in atto una transizione di enormi proporzioni in diversi settori dell'economia globale. La decarbonizzazione diviene un obiettivo e al tempo stesso uno strumento per consentire di raggiungere gli ambiziosi obiettivi climatici. E' in atto una rincorsa tra un'accelerazione degli eventi estremi e la risposta di molti paesi per ridurre le emissioni trasformando le economie.

DOI 10.12910/EAI2024-049



di Gianni Silvestrini, Direttore Scientifico del Kyoto Club

I continui disastri in varie parti del mondo ed in Italia impongono di accelerare sia le misure per adattarsi all'inevitabile emergenza climatica che quelle volte a ridurre le emissioni. Pensiamo alla situazione dolorosa delle alluvioni che si susseguono. Abbiamo costruito negli ultimi 150 anni seguendo regole del passato che non valgono più oggi.

Dobbiamo quindi correre ai ripari ed essere rigidissimi per quanto riguarda il futuro.

In Italia il Piano per la transizione ecologica (PTE) aveva fissato l'obiettivo di arrivare a un consumo netto del suolo pari a zero entro il 2030, anticipando di vent'anni l'obiettivo europeo, ma pare un obiettivo svanito nel nulla. L'azzeramento del consumo di suolo doveva avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse.

Purtroppo tutto questo non è suc-

cesso, anzi. Secondo Paolo Pileri, docente di Pianificazione territoriale e ambientale al Politecnico di Milano, la Regione Emilia-Romagna dal 2006 al 2022 ha cementificato oltre 11mila ettari, ovvero 110 chilometri quadrati e quasi tutto, per giunta, in aree alluvionabili.

Taglio delle emissioni

Ma anche sul fronte della riduzione delle emissioni climalteranti occorre accelerare notevolmente per essere coerenti con il target della neutralità climatica al 2050, un obiettivo che l'Italia ha assunto assieme a 140 altri paesi. L'impegno, cioè, di riuscire a far funzionare un sistema industriale avanzato - industrie, trasporti, edilizia, agricoltura/alimentazione - con soluzioni ad emissioni nette zero. Fra 26 anni! Un obiettivo ambiziosissimo che tutti i governi dovrebbero costantemente porsi come priorità.

La situazione è molto variegata, con

paesi molto lanciati in questa prospettiva ed altri in forte ritardo.

Va detto comunque che ci sono interessanti novità che potrebbero facilitare un percorso considerato da molti praticamente improbabile.

La prima riguarda l'accelerazione del contributo delle rinnovabili, la seconda la mobilità elettrica.

Secondo l'Agenzia Internazionale per l'energia nel 2025 le energie pulite sorpasseranno su scala mondiale, oltre alla generazione da gas, anche quella da carbone. (Fig. 1).

Questo boom delle installazioni pulite fa ritenere che siamo in presenza di un cambio di passo destinato a trasformare radicalmente gli scenari internazionali.

Anche la mobilità elettrica, come vedremo darà un importante contributo nel raggiungimento dell'obiettivo di non superare l'incremento di 1,5°C indicato a Parigi alla COP 21 nel 2015.

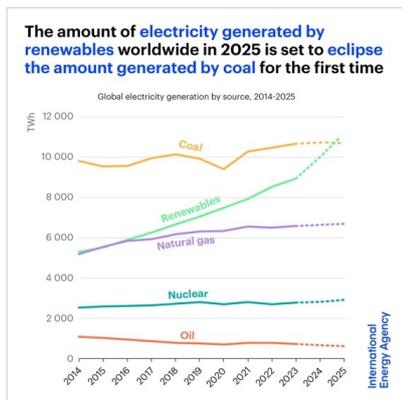


Figura 1: Evoluzione mondiale della produzione elettrica da diverse fonti dal 2014 al 2023 (con stime al 2025)

La crescita esplosiva del fotovoltaico

L'evoluzione incredibile dell'energia solare si legge dai dati. La potenza fotovoltaica solare installata raddoppia all'incirca ogni tre anni, e quindi decuplica ogni decennio. Fra un decennio questa potrebbe essere la principale tecnologia per la produzione di elettricità nel mondo. Nel 2004, ci è voluto un anno per installare un GW fotovoltaico a livello globale. Nel 2010, un mese. Nel 2023, un giorno.

L'anno scorso sono stati installati nel mondo 446 GW solari con un incremento dell'88% sull'anno precedente. La stima per il 2024 è di 593 GW.

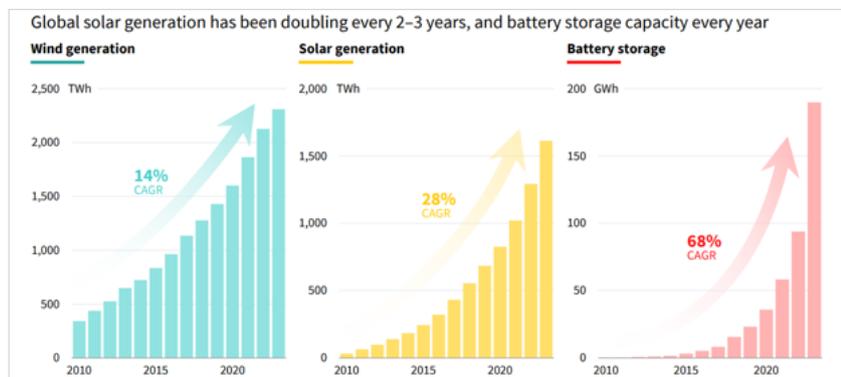


Figura 2: Crescita esponenziale a livello mondiale del fotovoltaico, dell'eolico e delle batterie (The Cleantech Revolution, Rocky Mountain Institute, giugno 2024)

¹ <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>

Siamo dunque entrati in una fase di crescita esponenziale per alcune tecnologie (Fig. 2).

Questa dinamica si è peraltro già registrata nell'ultimo decennio. I costi delle tecnologie pulite sono diminuiti fino all'80%, mentre gli investimenti sono quasi decuplicati e la produzione solare è aumentata di dodici volte. Si parla molto recentemente di un rilancio del nucleare dal prossimo decennio. Ma l'installazione di nuova potenza procede a rilento.

Consideriamo che nel 1996 il contributo atomico nella produzione elettrica mondiale era del 17,5% una percentuale che è continuamente calata ed è scesa nel 2023 al 9,5%.

I dati dello scorso anno sono interessanti. A fronte di un calo di 1 GW nucleare a causa di un maggior ruolo dei reattori dismessi rispetto a quelli avviati, l'eolico e il fotovoltaico hanno visto un aumento di 510 GW.

Certo, ci sono paesi che puntano sul nucleare per liberarsi dai fossili e continueranno a farlo. Come la Cina che punta ad una forte crescita atomica. Ma anche a Pechino sono soprattutto le rinnovabili ad accelerare la decarbonizzazione. Nel 2023 le centrali nucleari hanno fornito il 5% della produzione elettrica, contro il 28% delle rinnovabili.

Naturalmente, una forte crescita dell'elettricità verde è possibile solo in presenza di interconnessioni elettriche tra i vari paesi e di sistemi di accumulo sempre più efficienti. Su questi fronti si registrano dati molto interessanti.

Insomma, il panorama elettrico mondiale sta cambiando rapidamente e l'Italia deve inserirsi in questa onda positiva.

La mobilità elettrica si impone

L'altro settore che aiuta la decarbonizzazione e che sta avanzando velocemente a livello mondiale è quello dell'auto elettrica. Naturalmente la situazione è molto differenziata tra i vari paesi, ma complessivamente quest'anno un'auto su cinque commercializzata sarà elettrica, con un totale di 17 milioni di veicoli venduti (Figura 3)¹.

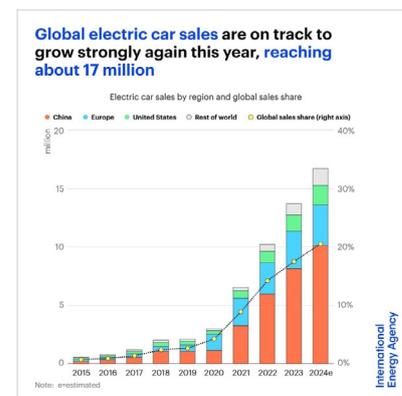


Figura 3: Evoluzione delle vendite delle auto elettriche nel mondo

In Cina, dove ormai molti modelli sono meno costosi degli equivalenti a combustione interna, nel 2024 oltre la metà delle vendite ha riguardato auto elettriche.

Naturalmente questi dati sembrano in contraddizione con i problemi delle case automobilistiche europee emersi in particolare negli ultimi mesi. Le

difficoltà vanno dalla rete delle colonnine di ricarica all'autonomia dei veicoli, ma soprattutto pesano i costi, molto superiori a quelli delle auto cinesi.

Secondo un'analisi di Transport&Environment, mentre nel 2021 il prezzo medio dei veicoli elettrici europei era inferiore a 30.000 euro e la quota delle vendite di veicoli di grandi dimensioni era vicina al 40%, all'inizio del 2024 il prezzo medio era aumentato di oltre 10.000 euro e la quota di veicoli elettrici di grandi dimensioni venduti era aumentata fino a circa il 60%. **Cioè le case automobilistiche europee hanno scelto di concentrarsi sulla produzione e promozione di modelli di lusso e di grandi dimensioni a scapito delle auto compatte**².

Peraltro, si tratta di una tendenza generale, tanto è vero che secondo la lea le emissioni dei SUV hanno contribuito al 20% dell'aumento globale delle emissioni di CO₂ nel 2023. Se i SUV fossero una nazione, sarebbero il quinto più grande emettitore di CO₂ al mondo, superando quelle di Giappone e Germania. L'aumento della loro popolarità è legato allo status symbol, al marketing e alla percezione di un maggiore comfort. Tuttavia, i SUV presentano rischi maggiori negli ambienti urbani e occupano più spazio rispetto alle auto standard.

Si tratta quindi una riflessione più generale che andrebbe fatta.

Tornando alle difficoltà delle auto elettriche, c'è chi ha chiesto di rivedere il divieto di vendita di auto a combustione interna nella UE dal 2035. In realtà, però, è il mondo che va in quella direzione. Dopo l'Europa anche la California e il Canada infatti si sono dati lo stesso traguardo. Per non parlare del principale mercato automobilistico, la Cina, che propone auto

elettriche molto economiche, con vendite che hanno nettamente superato gli obiettivi governativi.

Una delle strade individuate per far fronte alle difficoltà consiste nella imposizione di dazi. Sappiamo che la risposta Usa è stata di sbarrare la strada imponendo tasse del 100% all'ingresso dei modelli cinesi, mentre l'Europa è più cauta. Si è parlato di dazi compresi tra il 17,4% e il 37,6% a seconda dell'azienda a cui sono applicati, che vanno ad aggiungersi alla tassazione già esistente del 10%.

Ma la valutazione di fondo dovrebbe essere basata sul fatto che la transizione all'elettrico è inevitabile e quindi le strategie delle aziende e dei governi devono confrontarsi con questa evoluzione per delineare le scelte industriali, le eventuali alleanze da concordare. L'alternativa di bloccare le importazioni cinesi e continuare a costruire auto a benzina e diesel anche sul lungo periodo, significherebbe rinchiudersi in un ghetto senza speranze.

Il ruolo strategico delle batterie

Per finire, va sottolineato come sia il successo del fotovoltaico che della mobilità elettrica dipendono anche dalla disponibilità di batterie sempre più efficienti e meno care. Il loro costo in meno di 15 anni si è infatti ridotto di più del 90% (Fig. 4)³.

I prezzi delle batterie sono scesi da 1.400 dollari per kWh nel 2010 a meno di 140 dollari per kWh nel 2023, un vero e proprio crollo, destinato peraltro a continuare. E il grande produttore cinese di batterie CATL ha infatti dichiarato che ridurrà quest'anno il costo delle sue batterie del 50%.

Nel settore della generazione elettrica nell'ultimo quadriennio la crescita di questa tecnologia è stata impres-

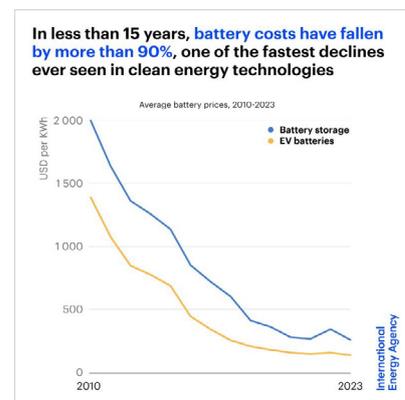


Figura 4: Riduzione dei costi delle batterie dal 2010 al 2023

sionante, con un raddoppio annuo degli incrementi. E, per triplicare la potenza elettrica rinnovabile al 2030 occorrerà moltiplicare per sei la domanda dei sistemi di accumulo.

Ovviamente la loro evoluzione è stata decisiva anche per il successo della mobilità elettrica. Ed è interessante notare come, rispetto alle problematiche sociali ed ambientali legate all'impiego del cobalto, la ricerca abbia portato ad una forte crescita dei modelli LFP (Litio Ferro Fosfato) che stanno raggiungendo la metà del mercato.

Conclusioni

E' in atto una transizione di enormi proporzioni in diversi settori dell'economia globale. La decarbonizzazione diviene un obiettivo e al tempo stesso uno strumento per consentire di raggiungere gli ambiziosi obiettivi climatici. E' in atto una rincorsa tra un'accelerazione degli eventi estremi (siccità, alluvioni, uragani...) e la risposta di molti paesi per ridurre le emissioni trasformando le economie. L'Europa e il nostro Paese devono essere all'altezza delle nuove sfide.

² <https://www.transportenvironment.org/articles/stagnation-and-growth-the-european-ev-market>

³ https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions?utm_content=buffer65ebd&utm_medium=social&utm_source=linkedin.com&utm_campaign=buffer

Il cambiamento climatico è una delle sfide globali più urgenti



Intervista con Gilberto Pichetto Fratin, Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

Ministro, l'Italia e il Mediterraneo sono sempre più roventi: questo che abbiamo trascorso è stato l'inverno più caldo degli ultimi 40 anni e il modello previsionale ENEA ha confermato l'aumento delle temperature anche del mare. Non solo. Il mese di giugno 2024 è stato più caldo a livello globale di qualsiasi altro giugno precedente, con una temperatura media dell'aria superficiale di 16.66°C, 0.67°C al di sopra della media del periodo compreso tra il 1991 e il 2020. A giugno, inoltre, è stata superata di 1.50°C la media stimata del mese per il periodo compreso tra il 1850 e il 1900, periodo di riferimento preindustriale, diventando così il dodicesimo mese consecutivo a raggiungere o superare la soglia di 1.5°C. Siamo davanti a qualcosa di irreversibile o è ancora possibile intervenire?

Il cambiamento climatico è una delle sfide globali più urgenti. L'Italia, per la sua posizione nel cosiddetto "hot spot Mediterraneo," risulta particolarmente vulnerabile. Ciò nonostante, confidiamo nelle azioni programmate e già messe in atto di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico.

Inoltre, abbiamo reso operativo il Fondo Italiano per il Clima, che ha impegnato e continuerà a impegnare nei prossimi 3 anni oltre 4 miliardi di euro per interventi di adattamento e mitigazione nei paesi più vulnerabili destinando almeno il 70 % delle risorse all' Africa in coerenza con il piano Mattei.

A fianco degli altri Stati dell'Unione Europea, difendiamo con forza l'obiettivo di contenere il riscaldamento globale entro 1,5°C, una priorità che è stata in ultimo ribadita in occasione della COP29 che si è tenuta a Baku lo scorso novembre.

Per rendere concreta questa transizione, abbiamo aggiornato il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima e

approvato il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici - i nostri principali strumenti di pianificazione - per garantire azioni mirate e regolatorie che semplifichino le procedure autorizzative e incentivino l'innovazione.

“Oltre 4 miliardi per il Fondo italiano per il Clima,”

Attraverso la Carta di Venaria, che contiene le conclusioni della presidenza italiana del G7, abbiamo ottenuto impegni chiari e condivisi a livello internazionale in ambito climatico ed energetico. Non dimentichiamo che i Paesi più sviluppati al mondo hanno assunto l'impegno di chiudere con l'utilizzo del carbone per la produzione dell'energia elettrica entro la prima metà degli anni Trenta. Un risultato che solo pochi mesi prima, a COP28, non eravamo riusciti a chiudere.

È la dimostrazione della determinazione con la quale l'Italia è impegnata a guidare questa transizione in modo competitivo ma anche sostenibile da un punto di vista economico e sociale, affinché il nostro impegno per il clima sia anche un'opportunità di crescita e sviluppo per le famiglie e le imprese italiane.

Il Ministero ha approvato il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici, un passo importante per la pianificazione e l'attuazione di azioni di adattamento nel nostro Paese. Ce ne può sintetizzare la strategia, le priorità e le azioni chiave?

L'obiettivo principale del PNACC è ridurre la vulnerabilità del territorio. Il Piano è uno strumento strategico per rispondere ai rischi ed agli impatti derivanti dai cambia-

menti climatici e definire una strategia di adattamento nazionale.

Include una panoramica delle condizioni climatiche attuali e delle proiezioni future per il nostro Paese. Sulla base di tale quadro ricognitivo e conoscitivo di dettaglio, il Piano delinea sia le misure ed azioni sistemiche da attuare a livello nazionale, sia le misure di indirizzo per la pianificazione regionale e locale.

“Il PNACC è strategico per rispondere a rischi e impatti dei cambiamenti climatici,”

Tra le misure sistemiche, troviamo l’istituzione dell’Osservatorio Nazionale per l’Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Il Piano fornisce anche linee guida per la pianificazione a livello regionale e locale, descrivendo gli strumenti di governance e le strategie necessarie per sviluppare piani di azione specifici. Questo approccio integrato e dettagliato mira a garantire che tutte le parti del Paese siano preparate e resilienti di fronte agli eventi estremi causati dai cambiamenti climatici, attraverso una pianificazione coordinata e basata su solide evidenze scientifiche.

Ministro, alla luce degli eventi estremi sempre più frequenti e intensi, quali misure strutturali e strategie sta considerando il Governo per rafforzare la resilienza del nostro Paese agli impatti del cambiamento climatico? In questo contesto che ruolo gioca l’innovazione tecnologica?

La crisi climatica sta aggravando siccità e alluvioni, aumentando i rischi idrici con effetti gravi e diffusi. Il Governo italiano, insieme al Ministero dell’Ambiente, ha dato priorità alla gestione del rischio idrico e alla pianificazione per affrontare la siccità. La strategia prevede una gestione integrata e sostenibile dell’acqua, con un sistema di governance adeguato e nuove tecnologie.

Per rispondere all’emergenza, oltre 4,3 miliardi di euro del PNRR sono destinati a migliorare la depurazione delle acque reflue, riparare e digitalizzare le reti idriche e promuovere il riuso delle acque reflue trattate. Sono stati inoltre rafforzati gli Osservatori per monitorare l’uso dell’acqua e introdotte nuove normative per la siccità, inclusi regolamenti per la gestione degli invasi, rispetto

ai quali è già stato approvato un decreto che punta al recupero della capacità persa a causa dell’interrimento. Con il DL Siccità è stata inoltre istituita un’apposita *Cabina di regia* per la crisi idrica presso la Presidenza del Consiglio dei ministri e previsto la nomina del *Commissario straordinario nazionale* che, con proprio decreto, ha adottato gli interventi urgenti da realizzare sul territorio nazionale per contrastare il fenomeno della scarsità idrica. Un ulteriore recente decreto sostiene il riutilizzo delle acque anche per ricaricare le falde acquifere e prevede misure contro il dissesto idrogeologico.

Infine, per rafforzare la capacità previsionale degli effetti del cambiamento climatico e la tutela del territorio e delle risorse idriche dai rischi naturali e indotti, puntiamo anche sull’innovazione tecnologica: nel PNRR abbiamo stanziato 500 milioni di euro per la realizzazione di un Sistema di Monitoraggio integrato avanzato del territorio, che è in fase di progettazione e sarà fruibile alla fine del 2026.

Inoltre, nuove tecnologie saranno fondamentali per affrontare le sfide generate dai cambiamenti climatici. In questo senso, il ricorso alla desalinizzazione delle acque marine, anche a fini potabili, potrebbe essere una valida soluzione.

Quali sono le iniziative prioritarie che il Governo sta attuando per migliorare la consapevolezza e la preparazione delle comunità locali di fronte agli eventi climatici estremi?

La tutela dell’ambiente non è un concetto astratto: è un impegno concreto verso le generazioni future, soprattutto in un contesto in cui i cambiamenti climatici stanno influenzando profondamente i sistemi naturali, economici e sociali. In questo momento critico, in cui il cambiamento climatico impone adattamenti alle infrastrutture e strategie di gestione del rischio, è essenziale attuare interventi mirati in collaborazione con Regioni e Autorità di Bacino, attraverso una pianificazione pluriennale e coordinata.

Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) è un riferimento strategico per le Regioni e i Comuni nella formulazione di politiche e azioni di adattamento su scala locale e regionale. La sua struttura offre un quadro delle misure di adattamento e linee guida per la pianificazione a scala locale, promuovendo modelli di governance che tengano conto delle specificità territoriali.



“Puntiamo sull’innovazione tecnologica,,

Questo approccio favorisce inoltre la collaborazione con le comunità locali, dalle aziende ai cittadini, passando per le organizzazioni non governative, per costruire strategie condivise e sostenibili, come dimostra il Patto dei Sindaci per il clima e l’energia.

Il PNACC, infine, promuove campagne di sensibilizzazione e programmi di formazione per aumentare la consapevolezza e la capacità di risposta delle comunità e delle Istituzioni. È fondamentale dotarsi di una pianificazione strategica dell’adattamento ad una scala di maggior dettaglio ed in grado, in tal modo, di tenere conto delle diversità ambientali e socioeconomiche che caratterizzano il territorio italiano.

In Italia quasi il 70% della popolazione vive nelle aree urbane e in città di grandi, medie o piccole dimensioni. Questa percentuale è destinata ad aumentare e, con essa, l’estensione delle aree urbanizzate. Quale ruolo possono svolgere le città per proteggere meglio i cittadini e sviluppare una maggiore resilienza? Vi sono best practices o modelli ai quali dovrebbero essere ispirati i progetti di adattamento urbano?

Le città, pur occupando solo il 3% della superficie terrestre, generano oltre il 70% delle emissioni di gas serra. Questo dato mette in luce quanto le aree urbane abbiano la responsabilità, ma anche il potenziale, di guidare il cambiamento.

Coinvolgendo le città nella pianificazione di azioni mirate, come i Piani d’Azione per l’Energia Sostenibile e il Clima, possiamo concretamente ridurre i consumi energetici e le emissioni di gas serra, rendendo le città esempio virtuoso per un futuro sostenibile.

Tuttavia, l’eccessiva urbanizzazione ha delle conseguenze: rende i terreni meno permeabili e contribuisce alla formazione delle cosiddette ‘isole di calore’ che aggravano l’impatto delle temperature estreme. Questo può essere in parte contrastato attraverso l’applicazione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile, che possono diventare un elemento essenziale per la riqualificazione urbana, sia in termini di drenaggio verso le falde o raccolta per il riuso delle acque meteoriche, sia in termini di sostegno alle infrastrutture verdi essenziali per il raffrescamento e l’attenuazione delle isole di calore.

Inoltre, possiamo intervenire con misure durature, come la forestazione urbana, che il nostro PNRR ha finanziato con 6,6 milioni di alberi nelle aree metropolitane. Questo piano non solo preserva la biodiversità e migliora la qualità dell’aria, ma contrasta anche il fenomeno del surriscaldamento urbano, riducendo i livelli di CO₂ e contribuendo alla salute pubblica.

“Il settore dei trasporti gioca un ruolo fondamentale,,

Il Ministero per riportare alla naturalità i suoli urbani e migliorare la qualità della vita nelle città, rispetto alla infiltrazione dell’acqua, al contrasto alle ondate di calore, al miglioramento della qualità dell’aria e dell’ambiente urbano, ha previsto e finanziato la misura per la rigenerazione dei suoli degradati nelle aree urbane, prevista con la Legge 29 dicembre 2022, n. 197, per interventi di rinaturalizzazione di suoli degradati o in via di degrado in ambito urbano e periurbano.

Il settore dei trasporti gioca un ruolo fondamentale. Con il PNIEC puntiamo ad ampliare la mobilità condivisa e promuovere veicoli a basse emissioni. Entro il 2030, ci aspettiamo che circa 6,5 milioni di veicoli elettrici siano sulle nostre strade. Questa è una svolta importante verso una mobilità sostenibile, che ci permetterà di ridurre le emissioni in modo significativo.

Come Governo, crediamo che queste iniziative rappresentino un impegno per il presente e per le generazioni future, perché la lotta al cambiamento climatico passa dalle nostre città.

La lotta all’emergenza climatica passa anche attraverso l’obiettivo principale della “mitigazione”, cioè nella prevenzione e riduzione delle emissioni di gas a effetto serra nell’atmosfera per rendere meno gravi gli impatti dei cambiamenti climatici. Quali sono le priorità in questo senso per il Paese?

Il Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima stabilisce obiettivi ambiziosi per il 2030, rafforzando il ruolo dell’Italia nella lotta al cambiamento climatico e nella sicurezza energetica. Il PNIEC punta su una transizione energetica realistica e sostenibile, volta non solo a ridurre la dipendenza dalle fonti fossili ma anche a garantire il benessere delle famiglie e la crescita economica



delle imprese italiane.

Sulla base della neutralità tecnologica, il PNIEC propone un mix diversificato di tecnologie pulite come le rinnovabili, l'idrogeno e il nucleare, rispondendo alle necessità di decarbonizzazione e di competitività industriale. Il nucleare sostenibile, in particolare, è ritenuto una risorsa strategica, con un impiego possibile dai primi anni Trenta per sostenere sia la riduzione delle emissioni che la sicurezza energetica del Paese.

“Il nucleare sostenibile è una risorsa strategica,”

Il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica sta lavorando a un "Programma Nazionale per il nucleare sostenibile" che punta a regolamentare la produzione di energia nucleare sostenibile con tecnologie di ultima generazione, sottolineando l'importanza di integrare questa fonte per assicurare la stabilità energetica e avanzare verso un sistema a basse emissioni di carbonio. Nel lungo termine, il Governo guarda all'energia da fusione come un'opzione strategica per la sostenibilità post-2050, promuovendo così un percorso energetico che vuole essere solido, innovativo e all'avanguardia nella transizione globale.

Sviluppiamo la resilienza del Paese nei confronti del cambiamento climatico



Intervista con Nicola Dell'Acqua, Commissario Straordinario nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica

La crisi idrica una delle sfide più urgenti del nostro tempo ed è strettamente collegata con il cambiamento climatico che ha un impatto diretto sulla disponibilità e gestione dell'acqua. Di fatto, l'aumento delle temperature globali accelera l'evaporazione dai suoli e dalle superfici acquatiche, intensificando la scarsità idrica in molte regioni del pianeta. Inoltre, assistiamo a eventi estremi sempre più frequenti e intensi: da prolungati periodi di siccità a piogge torrenziali spesso seguite da inondazioni. L'acqua, dunque, è al centro della crisi climatica e sono sempre più indispensabili azioni coordinate per gestirla in modo sostenibile, per proteggere gli ecosistemi acquatici e ridurre le emissioni di gas serra per mitigare i futuri impatti. Di queste tematiche e del legame fra acqua e cambiamento climatico abbiamo parlato con Nicola Dell'Acqua, Commissario Straordinario nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica.

Dottor Dell'Acqua, dal maggio 2023 lei guida la Struttura di Missione per la scarsità idrica. Quali sono i principali obiettivi a breve e lungo termine che state portando avanti?

La Struttura di missione focalizza la sua azione nel supportare il Commissario Straordinario Nazionale per il contrasto alla siccità in tutte le attività affidate dalla Cabina di regia che vede riuniti sotto l'egida della Presidenza del Consiglio tutti i ministri competenti in materia. Un esempio recente delle attività svolte sono gli accordi sottoscritti con i soggetti attuatori per la realizzazione di cinque interventi di rilievo nel Centro-Nord. Ci stiamo anche occupando della situazione del lago Trasimeno, dei dissalatori per alleviare la sete in Sicilia oltre che di altre criticità distribuite un po' in tutto il paese.

Quali sono le principali sfide che la Struttura di Missione sta affrontando nel contrasto alla scarsità idrica in Italia?

Per quanto riguarda l'Italia, la sfida principale è tornare ad una visione unitaria del tema acqua perché si sono frammentate le competenze in mille rivoli. Certamente è impensabile affrontare la scarsità di risorsa idrica in un'ottica campanilistica perché la siccità ha un approccio egalitario: nel 2022 il Nord Italia era a secco, quest'anno è stata l'Italia centro meridionale a soffrire. È fuor di dubbio che è indispensabile ragionare e agire valutando il tema nella sua complessità.

In che modo il cambiamento climatico influenza la strategia della Struttura di Missione?

Ogni nostra azione è svolta sempre nella prospettiva di sviluppare la resilienza del paese nei confronti del cambiamento climatico. Le temperature più elevate determineranno maggiori consumi idrici e grande evapotraspirazione, le precipitazioni saranno inferiori in volume ma concentrate in un numero di eventi spesso estremi: è questa è già una realtà sotto gli occhi di tutti e con la quale dovremo fare i conti sempre più nel futuro.

“Tornare a una visione unitaria del tema acqua,”

Nel redigere i piani e poi nel valutare ogni singolo intervento consideriamo sempre, in prima battuta, l'adeguatezza a contrastare il nuovo scenario, è la nostra ossessione. Direi che è un esercizio che dovrebbe esse-

re svolto a tutti i livelli e in tutti i settori: un autentico cambiamento culturale.

A livello di prevenzione, quali misure possono essere adottate per mitigare gli effetti della siccità?

Per essere in grado di prevenire dobbiamo prevedere e pianificare, ed avere questo approccio a 360°. La base di partenza per affrontare la scarsità della risorsa acqua è la redazione dei bilanci idrici che è lo strumento che per l'area considerata elenca le risorse a disposizione contrapponendole ai consumi, comprese le perdite. Per prima cosa ridurre i consumi, eliminando gli sprechi agendo anche attraverso campagne di sensibilizzazione, ma anche adeguando l'agricoltura con sistemi di irrigazione a goccia e attraverso la selezione di colture meno idroesigenti.

“Un aiuto dall'intelligenza artificiale,,

Dobbiamo agire sulla manutenzione delle reti per ridurre le perdite e in questo ci può essere d'aiuto l'intelligenza artificiale, ma anche mantenere gli invasi per riportarli alle capienze per le quali sono stati progettati. In ultimo, dobbiamo trovare i sistemi che consentano di ricaricare e ravvenare le falde. A tal proposito si consideri che tra gli effetti della siccità c'è anche il rischio idrogeologico, perché quando piove sulla terra arida, come abbiamo visto anche in questi giorni, i danni possono essere enormi. La strada maestra è ridurre il consumo di suolo e rinaturalizzare gli alvei dei corpi idrici.

Può farci qualche esempio di interventi di successo o delle iniziative più significative implementate per potenziare le infrastrutture idriche e combattere la scarsità idrica?

Certamente. In campo idrico i paesi della penisola arabica, Israele, ma anche la Spagna sono d'esempio per il potenziamento delle infrastrutture specialmente con riguardo ai dissalatori ad osmosi inversa e al riutilizzo delle acque. Anche l'Italia, con l'introduzione del Sistema idrico integrato, nel suo piccolo può vantare un caso di successo perché finanziando la manutenzione delle infrastrutture ci ha consentito di ridurre le perdite per le quali eravamo il fanalino di coda in Europa.

“In primo piano il ruolo di ricerca e innovazione,,

Quale è il ruolo di ricerca e innovazione tecnologica nella lotta alla scarsità idrica, tenuto conto dello stretto legame fra acqua e clima?

Come dicevo poc'anzi l'intelligenza artificiale assumerà grande rilievo nel prossimo futuro grazie alla capacità di indirizzare le manutenzioni sulla rete e fornendo utili informazioni su come ricaricare le falde; inoltre, potrà avere un ruolo importante nella ricerca meteorologica consentendone di affinare la capacità predittiva.



Communication is a main instrument to use to protect climate



Interview with Jim Skea, IPCC Chair

Jim Skea was elected the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Chair for the Seventh Assessment cycle in July 2023. From 2015 to 2023, he was co-chair of Working Group III of IPCC, focusing on climate change mitigation. He was also part of the scientific leadership for the IPCC Special Report on Global Warming of 1.5C. He was a Professor of Sustainable Energy at Imperial College London from 2009 to 2023. His research interests are in energy, climate change and technological innovation. Skea was Research Councils UK's Energy Strategy Fellow and President of the Energy Institute between 2015 and 2017. He was Research Director of the UK Energy Research Centre from 2004-2012. Jim Skea read Mathematical Physics at Edinburgh University, followed by a PhD in energy research at Cambridge University's Cavendish Laboratory. With almost forty years of activity in researching and communicating the science of climate change, Jim Skea is one of the leading authorities on the international scene and this is the interview he kindly granted to our magazine.

Mr Skea, you were elected president of IPCC at the end of July 2023. Which have been the main issues you had to deal with?

“One should not think of IPCC as behaving very reactively to circumstances in terms of dealing with issues. We already knew the kind of things that we wanted to do in this cycle and we had already set them out. Firstly, it is incredibly important that we are policy-relevant and we are working on that, that the science provided by IPCC is useful for policy makers, and that applies at all levels, should there be international negotiation, what is happening at the level of countries and what is happening within countries. For example, we are doing a lot of work on city level actions in this cycle.

“Science is useful for policy makers at all levels,,

Secondly, we have to pay a lot of attention to the interaction between the different types of science that we do. We have three Working Groups, one on physical science, one on the impacts of climate change and one on mitigation or reducing emissions and we need to make sure that there is proper communication within these groups and they collaborate with each other. Furthermore, we are really working hard on what you might call inclusivity to make sure there is an appropriate representation of developing countries and also ensure there is gender balance in IPCC activities, as well.

So, these are the three things that we are really focusing on: the policy-relevance, the interdisciplinarity collaboration between the different branches of science, and inclusiveness”.

Can you, very briefly, explain how IPCC is organized and works?

“Very briefly, the key thing is ‘I’, which stands for ‘inter-governmental’. The governments are the members of IPCC. They elect a scientific leadership, which is 34 scientists from different countries and the Chair is elected among them. But the hard work is done by the voluntary authors, the scientists who get together and write the reports, and these are also nominated by the governments and then selected by the elected scientific leadership”.

Notwithstanding the scientific understanding of human induced global warming provided by IPCC, the international community is falling short in meeting

the mitigation goals of the Paris Agreement. Are we still in time to change direction?

“It's not just the mitigation goal that we're missing out: we are also falling short on meeting the goals on adaptation and the goal on finance as well. Nevertheless, there will never be a time when it does not make sense to reduce emissions. Even if we were to exceed 1.5 degrees warming, it makes sense to do it. Understanding if we are still in time or if we may run out of time, for example, to limit warming to 1.5 degrees, does not mean that we should stop taking action to reduce emissions: it will always make sense to do that because the costs of mitigation are less than the avoided benefits from the reduced impacts, should you take action”.

“It will always make sense to take action to reduce emissions,,

So, adaptation is also a critical area of intervention. You said: “There are gaps between aspiration and action across the goals of the Paris Agreement”. You also pointed out the risk of maladaptation actions. Can you explain this concept to our readers?

“I'll do it very simply, but just to say the key thing for me is to focus on adaptation measures and what should positively be done. Still, there are measures that bring you short-term benefits for adapting to climate change, but may not help you in the long term. For example, if you build some houses on a coastal area, and you build a seawall to protect them from rising seas, that may work for a time. But it may be that, as the decades go on, those seawalls are not up, and you cannot protect the area any longer. So, maybe you should never have built the houses in that area in the first place. So, building these houses and building a seawall with a limited lifetime would be an example of maladaptation, as it were. I hope that explains the concept: it is adaptation that works in the short term but won't necessarily work forever”.

Concerning the finance goals, you observed that “there are manifest gaps between tracked climate finance and what is needed to put us on low emissions and climate resilient development pathways. Only between 4 and 8 per cent of tracked climate finance is allocated to adaptation, and more than 90

percent of adaptation finance comes from public sources”. Is it possible to change such a trend and how?

“It is less difficult to find financing for mitigation than it is for adaptation, because there's a very simple measure of mitigation, and that is the cost in terms of carbon dioxide equivalent. On the contrary, there is no such single metric for adaptation, that you can invest against events. The other thing is that many adaptation measures are tied into economic development more generally, and into planning new infrastructure. For example, the way that you design a new city could make you more resilient to climate change. If you build in green and blue infrastructure, that's more vegetation, more trees, more areas of lakes or rivers can really help to adapt to climate change, but that's part of general development. So, it is much more difficult to get private finance into adaptation.

“It is much more difficult to get private finance into adaptation,,

Could you provide some examples of possible private initiatives in adaptation?

For example, the insurance sector may have an interest in helping to finance adaptation because it will protect itself against future losses, or the food supply chains, which are potentially vulnerable to the impacts of climate change. It may well be that food retailers or people that manufacture processed food may have an interest in investing in climate resilience, because it will protect their supply chains. Finally, there are also areas in which some kinds of actions can help both reduce emissions and make local communities more resilient to the effects of climate change. That would be particularly the case for land-based measures, for example, in agriculture where agricultural techniques that build up carbon in soils will help to absorb carbon dioxide from the atmosphere, that can also make you more resilient to the effects of climate change. If private companies invest in these types of measures with both mitigation and adaptation benefits, they will have to pay for the mitigation, but some adaptation will occur because of that at the same time.



In your speech at the United Nations Environmental Assembly you underlined that the “world is not really listening to science”. You then said “we have further work to do” to provide actionable information and communicating it to the right audiences while at the same time “stopping to sound like a broken record”. What are the most urgent steps to be taken in this direction?

“I would probably refine that statement slightly and say the world is not acting on the basis of science, and whether that's because the world is not listening or because they have heard and they choose not to act is something you need to ask the people who are not acting at the moment. I can't really speak for them. I think, though, that it's very important that when we produce our IPCC reports, we think about how to write them in the ways that we send very clear messages to policy makers, and the wider public, and civil society about the possible consequences of climate change, but also positively the actions that we can take in the future.

“To meet all the goals of the Paris Agreement requires a very substantive change in direction,,

In the last cycle of IPCC, we produced 10,000 pages of reports: I have not read these 10,000 pages consecutively and I don't think anybody has. So, it's incumbent on us to summarize them and communicate that overall science in a very clear way so that people can readily appreciate the risks of climate change and the opportunities for action to deal with it. We will be thinking more about that in the coming cycle, about the way we draft our reports and the way we subsequently communicate them”.

One last question. Why do you think that we are falling short in meeting the goals of the Paris Agreement?

“To meet all the goals of the Paris Agreement requires a very substantive change in direction. As we have said, for mitigation you need systemic level transformations in energy, transport, and the way that we manage land. I think many governments are finding that challenging in light of other pressures, for example issues like energy security also get priority on public budgets.

So, I think that's the difficulty and that's why it's important for us to communicate the risks of climate change and the consequences of climate action, many of which have other benefits as well in terms of the sustainable development goals. If we don't communicate this effectively, I guess it's much less likely that we will get ambitious climate action. Communication is one of the main instruments you have to use to protect climate.”

La comunicazione è uno strumento essenziale per proteggere il clima



Intervista con Jim Skea, Presidente dell'IPCC

Jim Skea è stato eletto Presidente del Panel Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC) nel luglio 2023. Dal 2015 al 2023, è stato co-presidente del Gruppo di Lavoro III dell'IPCC e ha fatto inoltre parte della leadership scientifica per la stesura del Rapporto Speciale sul Riscaldamento Globale di 1,5°C. Dal 2009 al 2023, è stato Professore di Energia Sostenibile all'Imperial College di Londra. I suoi settori di interesse sono l'energia, il cambiamento climatico e l'innovazione tecnologica. Tra il 2012 e il 2017, ha gestito una borsa di studio dal Research Councils UK's Energy Strategy ed è stato Presidente del Energy Institute. Dal 2004 al 2012 è stato Direttore della Ricerca del UK Energy Research Centre. Ha studiato Fisica Matematica all'Università di Edimburgo e ha conseguito un dottorato di ricerca energetica al Cavendish Laboratory dell'Università di Cambridge. Con quasi quarant'anni di attività nella ricerca e comunicazione della scienza del cambiamento climatico, Jim Skea è una delle figure più autorevoli a livello internazionale in questo settore. Questa è l'intervista che ha gentilmente concesso alla nostra rivista.

Presidente Skea, lei è stato eletto al vertice dell'IPCC alla fine di luglio 2023. Quali sono state le principali tematiche con le quali ha dovuto confrontarsi?

“IPCC non è un organismo che dà risposte a circostanze specifiche o affronta problematiche specifiche. Per questo ciclo (ndr. il ciclo per la stesura del 7° Assessment Report dell'IPCC), sapevamo già quali erano le cose da fare e le avevamo già definite: in primo luogo, per l'IPCC è molto importante acquisire una rilevanza politica e stiamo lavorando su questo, per fare in modo che la conoscenza scientifica che siamo in grado di offrire sia utile ai decisori politici e applicabile a tutti i livelli, che si tratti di negoziati internazionali, nazionali o all'inter-

no dei singoli Paesi. In questa fase, ad esempio, stiamo lavorando molto sugli interventi a livello delle municipalità.

“La scienza deve parlare ai decisori politici,”

In secondo luogo, dobbiamo prestare molta attenzione all'interazione tra i diversi tipi di ricerca scientifica che stiamo portando avanti. Abbiamo tre Gruppi di Lavoro: uno sulla scienza fisica, uno sugli impatti del cambiamento climatico e uno sulla mitigazione, o riduzione delle emissioni. Dobbiamo assicurarci che ci sia una corretta comunicazione all'interno di questi gruppi e che collaborino tra loro. Inoltre, stiamo lavorando con particolare impegno su quell'aspetto che si potrebbe definire come 'inclusività', per garantire un'adeguata rappresentanza a Paesi in via di sviluppo e assicurare un equilibrio di genere nelle attività dell'IPCC.

Quindi, i tre aspetti su cui siamo concentrati attualmente sono: essere rilevanti a livello politico, assicurare la collaborazione interdisciplinare tra i diversi gruppi scientifici e l'inclusione.

Può spiegarci in sintesi come è organizzato e come funziona l'IPCC?

“Il punto fondamentale è la lettera 'I' che sta per 'intergovernativo'. I membri dell'IPCC sono i governi e sono loro a eleggere la leadership scientifica, composta da 34 scienziati provenienti da diversi Paesi, tra i quali viene poi eletto il Presidente. Ma il lavoro più impegnativo è quello svolto dagli autori volontari, gli scienziati che lavorano insieme alla stesura dei rapporti, che sono, a



loro volta, nominati dai governi e poi selezionati dalla leadership scientifica eletta”.

Nonostante sia ormai accettato a livello globale il dato scientifico dell'IPCC sulle responsabilità umane del surriscaldamento del clima, la comunità internazionale sta facendo fatica a raggiungere gli obiettivi di mitigazione dell'Accordo di Parigi. Siamo ancora in tempo per cambiare direzione?

“Non stiamo fallendo soltanto l'obiettivo della mitigazione: non riusciamo neanche a raggiungere gli obiettivi di adattamento e di finanziamento. Eppure, non verrà mai il tempo in cui non avrà più senso ridurre le emissioni (ndr. di gas serra). Anche se dovessimo superare i 1,5 gradi di riscaldamento, avrà sempre senso farlo. Comprendere se ancora siamo in tempo o se invece lo abbiamo esaurito, ad esempio per limitare il riscaldamento a 1,5 gradi, non implica che dovremmo interrompere gli interventi per la riduzione delle emissioni: farlo avrà sempre senso, tenuto conto che, se attuata, i costi della mitigazione sono sempre inferiori al costo dovuto alla rinuncia dei benefici derivati dalla riduzione degli impatti”.

“Adottare misure per ridurre le emissioni è sempre essenziale,,

Quindi, anche l'adattamento è un settore critico. a. Lei ha affermato che “negli obiettivi dell'Accordo di Parigi ci sono lacune tra le aspirazioni e le azioni intraprese” e ha sottolineato il rischio di azioni di maladaptation, ovvero di adattamento sbagliato. Può spiegare questo concetto ai nostri lettori?

“A mio giudizio, la cosa essenziale è concentrarsi sulle misure di adattamento, su ciò che positivamente si può fare per contrastare il cambiamento climatico. Ci sono, però, interventi di adattamento che portano benefici a breve termine, ma che possono avere effetti negativi nel lungo termine. Ad esempio, edificare in una zona costiera ed erigere una barriera frangiflutti per proteggere le case dall'innalzamento del livello del mare, potrebbe funzionare per un certo periodo. Ma è possibile che, con il passare dei decenni, quella barriera non sia più sufficiente a proteggere l'area edificata. Quindi, in primo luogo, forse non si sarebbero mai dovute costruire

case in quella zona. Possiamo affermare che costruire delle case con una barriera il cui utilizzo è limitato nel tempo è un possibile esempio di adattamento sbagliato. Spero che questo spieghi il concetto: l'adattamento sbagliato funziona nel breve termine ma non necessariamente per sempre”.

Rispetto agli obiettivi finanziari lei ha osservato che “ci sono evidenti lacune tra i finanziamenti climatici monitorati e ciò che è necessario per imboccare percorsi di sviluppo a basse emissioni e resilienti al clima. Solo tra il 4 e l'8% dei finanziamenti climatici monitorati è destinato all'adattamento, e oltre il 90% dei finanziamenti per l'adattamento proviene da fonti pubbliche”. È possibile invertire questa tendenza e come?

“E' meno difficile trovare finanziamenti per la mitigazione, rispetto all'adattamento, perché per la mitigazione esiste un'unità di misura molto semplice, cioè il costo in termini di anidride carbonica equivalente. Al contrario, per l'adattamento non esiste un'unica metrica sulla quale misurare gli investimenti per la prevenzione. L'altro aspetto di cui tener conto è che molte misure di adattamento sono legate allo sviluppo economico in generale e alla pianificazione di nuove infrastrutture. Ad esempio, il modo in cui si progetta una nuova città potrebbe renderla più o meno resiliente ai cambiamenti climatici. Se nel piano si integrano infrastrutture verdi e blu, cioè più alberi, più aree verdi con laghi o fiumi, questo può davvero contribuire all'adattamento ai cambiamenti climatici, ma fa parte dello sviluppo generale. Quindi, è molto più difficile attrarre finanziamenti privati per l'adattamento.”.

“Attrarre finanziamenti privati per l'adattamento è molto più difficile,,

Può darci alcuni esempi di possibili iniziative private di adattamento?

“Ad esempio, il settore assicurativo potrebbe essere interessato a finanziare misure di adattamento, per proteggersi da future perdite; un altro settore è quello delle filiere alimentari, potenzialmente vulnerabili agli impat-



ti dei cambiamenti climatici. È probabile che i rivenditori o i produttori di generi alimentari possano avere interesse a investire nella resilienza climatica, perché in questo modo proteggeranno la loro filiera. E possono esserci anche settori dove gli interventi possono contribuire a ridurre le emissioni e a rendere le comunità locali più resilienti agli effetti dei cambiamenti climatici. E' il caso, in particolare, di alcuni interventi per il territorio, ad esempio in agricoltura, dove le tecniche agricole che consentono di accumulare carbonio nei suoli, contribuendo all'assorbimento dell'anidride carbonica dall'atmosfera, possono renderci più resilienti anche agli effetti del cambiamento climatico. Se le aziende private investiranno in questo tipo di misure, con i benefici sia per la mitigazione che per l'adattamento, dovranno sostenere i costi della mitigazione, ma allo stesso tempo si otterrà anche un certo adattamento”.

Nel suo discorso all'Assemblea delle Nazioni Unite sull'ambiente lei ha sottolineato che “il mondo non sta davvero ascoltando la scienza”. E ha aggiunto: “abbiamo ancora del lavoro da fare” per fornire informazioni che possano essere messe in pratica e comunicarle ai pubblici giusti; allo stesso tempo “dobbiamo smettere di sembrare un disco rotto”. Quali sono i passi più urgenti da compiere in questa direzione?

“Credo che questa affermazione vada leggermente affinata per dire che il mondo non sta agendo sulla base della scienza. Se ciò sia dovuto al fatto che il mondo non ci ascolta o perché ci ha ascoltato ma ha scelto di non agire, è qualcosa che va chiesto direttamente a coloro che oggi non stanno agendo. Non posso parlare per loro. Tuttavia penso che sia molto importante che quando pubblichiamo i nostri rapporti IPCC, riflettiamo su come dobbiamo scriverli per riuscire a convogliare messaggi molto chiari sulle possibili conseguenze del cambiamento climatico, ma soprattutto sulle azioni positive che possiamo intraprendere in futuro, ai decisori politici, al pubblico in generale e alla società civile.

“Per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi serve un cambio di rotta sostanziale,,

Nell'ultimo ciclo dell'IPCC, (ndr. 6° Assessment Report) abbiamo prodotto 10.000 pagine di rapporti: non le ho lette tutte di seguito e non credo che nessuno lo abbia fatto. Per noi, quindi, è un'esigenza imprescindibile riassumerle e comunicarne i contenuti scientifici in modo molto chiaro affinché le tutti possano comprendere i rischi del cambiamento climatico e le possibilità di intervento per affrontarlo. Nel prossimo ciclo rifletteremo con ancora più attenzione al modo in cui scriviamo i nostri rapporti e a come li comunichiamo.”

Un'ultima domanda. Perché pensa che siamo indietro su raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo di Parigi?

“Per raggiungere tutti gli obiettivi dell'Accordo di Parigi è necessario un cambio di rotta sostanziale. Come abbiamo detto, per la mitigazione sono necessarie trasformazioni a livello sistemico nell'energia, nei trasporti e nel modo in cui gestiamo il territorio. Credo che molti governi trovino tutto ciò piuttosto difficile da conciliare con altre questioni urgenti; ad esempio, tematiche come la sicurezza energetica hanno la priorità nei bilanci pubblici. Quindi, penso che la difficoltà sia questa e che per questo sia importante comunicare i rischi del cambiamento climatico e i benefici effetti degli interventi per contrastarlo, molti dei quali comportano ulteriori vantaggi per quanto riguarda gli obiettivi di sviluppo sostenibile. Se non riusciremo a comunicare tutto questo in modo efficace, penso che ci saranno scarse probabilità di sviluppare politiche ambiziose per il clima. La comunicazione è uno dei principali strumenti che la scienza deve saper utilizzare per proteggere il clima.

FAO supports countries to reshape policies and scale up action through innovation



Interview with Kaveh Zahedi, Director of the FAO Office of Climate Change, Biodiversity and Environment

Mr Kaveh Zahedi is the Director of the Office of Climate Change, Biodiversity and Environment at the Food and Agriculture Organization (FAO). Prior to joining FAO, from 2016 to 2023, Mr Zahedi served as the Deputy Executive Secretary of the United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) in Bangkok, Thailand, overseeing ESCAP's programmes on environment, climate change, natural disasters, finance, energy, trade, transport, social development, and statistics, all in support of the implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. From 1995 to 2016, Mr Zahedi served at the United Nations Environment Programme (UNEP) in positions of increasing responsibility, including as Regional Director and Representative for Asia and the Pacific (Bangkok); Deputy Director of the Economy Division and Climate Change Coordinator (Paris); Acting Director/Deputy Director of the World Conservation Monitoring Centre (Cambridge); Regional Coordinator (Mexico City); and Environmental Affairs Officer (Nairobi). Mr Zahedi started his career in 1993 as Economic Consultant at the non-governmental organization Cooperation for Development (London), where he was responsible for managing agricultural credit and microfinance projects in Latin America and the Middle East. Mr Zahedi is a national of the Islamic Republic of Iran and the United Kingdom, holds a Master of Arts in International Relations from The Fletcher School at Tufts University in the United States, and a Bachelor of Science in Economics (1st class honours) from University College London in the United Kingdom. Kaveh Zahedi is one of the leading authorities at FAO and this is the interview he kindly granted to our magazine.

Mr Zahedi, can you outline the role of FAO, especially referring to the agrifood sector within the context of on-going climate change?

Many of the challenges of climate change, biodiversity loss and land degradation can be addressed through agrifood systems solutions. Our projects and initiatives at global, national and local level are designed to help countries achieve their national aspirations, including for the implementation of the Paris Agreement. FAO supports countries to reshape policies and scale up action through innovation, technologies and finance. This is the thrust of the FAO Strategy on Climate Change.

At Dubai COP28, the FAO roadmap to address climate change was presented. What are its objectives and the practicable steps to achieve them?

The FAO roadmap was part of a growing body of work illustrating that agrifood solutions will be critical to achieving climate and food security goals. We have been working for a number of years to demonstrate the potential solutions identified by science, especially by the Intergovernmental Panel on Climate Change. These solutions include restoring and sustainably managing agricultural land, ensuring efficient and resilient livestock systems, promoting sustainable aquaculture and fisheries, halting deforestation and promoting agroforestry, restoring ecosystems and ensuring sustainable use of biodiversity, safeguarding seeds and plant genetic resources for the future, and developing energy-smart agrifood systems. All of these are driving our climate action support.

In a recent interview you stated that agriculture is the first victim of global warming. Agriculture, though, is also contributing to climate change in terms of pollution. What solutions can be adopted?

The solutions from agrifood systems transformation already exist to help countries achieve food security, while simultaneously building resilience, and contributing to climate change adaptation and mitigation, and the sustainable use of biodiversity. I mentioned some of these solutions in my last answer. But these solutions have not so far been implemented at a scale that matches their potential, due to an investment gap that urgently needs to be addressed. While global climate finance flows have increased, support for agrifood systems lags behind other sectors, constituting less than 20 percent of climate-related development finance in 2021.

“FAO is working to help ensure climate finance increases and reaches those who need it most,,

FAO is working to help ensure climate finance increases and reaches those who need it most, especially smallholder farmers. Since 2006, FAO’s partnership with the Global Environment Facility (GEF) has helped more than 120 countries access over \$1.7 billion in project financing and leverage more than \$11 billion in co-financing to transform agrifood systems while tackling environmental and climate challenges. Similarly, FAO’s partnership with the Green Climate Fund (GCF) has raised over USD 1.2 billion for transformative projects in 21 countries across 5 regions. FAO is also supporting the development of the Food and Agriculture for Sustainable Transformation Partnership (FAST), which seeks to boost the quality and quantity of climate finance to agrifood systems.

We will soon be 10 billion people on earth, but according to FAO data about 700 million people are still struggling with scarcity of resources and hunger. How is FAO addressing the challenge of food insecurity, exacerbated by the effects of climate change?

FAO believes transforming agrifood systems so they

are more efficient, inclusive, resilient, and sustainable, will contribute to ensuring greater food availability, accessibility, and affordability, while also helping address the impacts of climate change, and still achieve the Sustainable Development Goals (SDG) targets under the Four Betters¹, leaving no one behind. FAO programmes, projects and a wide range of knowledge products help countries to develop capacity and tools to transform agrifood systems. FAO has projects implementing these solutions worldwide, including community-driven crop diversity projects in Ecuador, agroforestry programmes in Cuba, and mangrove restoration in Senegal, among many others. FAO is also intensifying efforts to integrate agrifood system solutions into multilateral environmental agreements and ensure they are fully integrated into national planning processes and strategies. FAO has found that scaling up the implementation and uptake of agrifood systems solutions through enabling policies, innovation and technologies to reach smallholder farmers and producers is fundamental in addressing the challenge of food insecurity, exacerbated by the effects of climate change. FAO is also supporting 139 countries, including Least Developed Countries (LDCs) and Small Island Developing States (SIDS), to access Global Environment Facility (GEF) financing to transform their agrifood systems, and 87 countries to access financing from the Green Climate Fund (GCF), which I referred to before.

Extreme weather events due to climate change, such as heat waves, heavy rain, and droughts are being increasingly observed around the world. A new FAO study examined their impact on income and adaptation, especially of rural area communities. What does the study show, also referring to the role of women?

FAO analyzed socioeconomic data from over 100,000 rural households, including more than 950 million people across 24 low and middle-income countries (LMICs), and integrated this information with 70 years of daily rainfall and temperature data. The FAO report, “The unjust climate. Measuring the impacts of climate change on rural poor, women, and youth,” shows that while climate change is a global crisis, its effects on countries, people and communities are unequal.

¹ The Four Betters are work on SDG 1(No Poverty); SDG2 (Zero Hunger); SDG 10 (Reduced Inequalities) as well as furthering the broader 2030 Agenda



“While climate change is a global crisis, its effects on countries, people and communities are unequal,”

The report found that rural women, people living in poverty and older populations experience the most severe impacts of climate change and lack access to the resources, services and opportunities needed to adapt and survive. For example, female-led households lose 8 percent more of their income due to heat stress and 3 percent more due to floods compared to male-led households. This amounts to \$37 billion and \$16 billion respectively across all LMICs. Poor rural households suffer a 5 percent greater loss due to heat stress than better-off neighbours. The extreme temperatures also push children and women to increase their weekly working time.

Despite this, the report reveals that these issues remain barely visible in national climate policies and current funding to support climate actions falls short of the needs of vulnerable people. In 24 countries, only 6 percent of climate actions in nationally determined contributions (NDCs) and national adaptation plans (NAPs) mention women and only 1 percent mention poor people. Of total tracked climate finance in 2017/18, less than 3 percent went to agriculture, forestry and other land uses and investments; and only 1.7 percent, amounting to roughly \$10 billion, reached small-scale producers. The report calls for investment in policies and programmes that address these climate vulnerabilities of rural people and their limitations. For example it recommends linking social protection programmes to advisory services that encourage adaptation and compensate farmers for loss, such as cash-based social assistance programs. It recognizes that the successful transformation of agrifood systems must be just, equitable, inclusive and gender responsive to achieve maximum impact.

Could you provide us with some examples of successful adaptation to climate change that the FAO has observed or supported?

Two examples are the FAO-UNDP SCALA programme and the RECLIMA project.

The FAO-UNDP SCALA programme (Scaling up Climate Ambition in Land Use and Agriculture through nationally determined contributions (NDCs) and National Adaptation Plans (NAPs), is working with 12 countries in Africa, Asia and Latin America, helping rural communities to build resilience to climate change and national governments to strengthen their coverage of agrifoods in national climate plans. In Colombia, for example, SCALA is working with the Wayúu Indigenous Peoples in the arid El Guajira region on the northernmost tip of mainland South America. Climate change with rising temperatures, changes in annual rainfall, droughts and floods is accelerating land degradation and loss of biodiversity in the region. Up to 67 percent of Indigenous Peoples in La Guajira, particularly the Wayúu, struggle to obtain enough nutritious food.

FAO through the SCALA programme is working to enhance the resilience of the Wayúu Indigenous Peoples, mixing their traditional knowledge with climate-smart agriculture science, to ensure sustainable crop production. For example, in Ipasharaim village, after consultation with the 53 Wayúu families, they have identified several local resilient seeds, including the Guajiro bean (*Vigna unguiculata* L.), which is drought and flood-resistant, yields a first harvest after three months and is highly nutritious. The Wayúu are now using drip irrigation, drawing water from a well, and goat manure mixed with minerals and ashes to enrich the soil. Thanks to the more fertile soil and available water, this bean now produces for up to eight months every year, offering a steady supply of food even when the rains are scarce. Thanks to the new adaptive practices, the community has a surplus of Guajiro beans to sell or trade. These tools and methodologies are also being piloted and scaled-up in other mountain regions across the country. The SCALA programme is funded by Germany's Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection, through the International Climate Initiative (IKI).

The five-year USD 127.7 million RECLIMA project, “Upscaling climate resilience measures in the dry corridor agroecosystems of El Salvador,” aims to improve the



resilience of around 50, 000 vulnerable family farmer households in 114 municipalities. El Salvador lies in the Central American Dry Corridor, where increasing temperatures and droughts prompt deforestation and land degradation, reducing water supplies and farm yields.

“We do not treat mitigation in isolation but consider all the synergies offered by the diverse solutions available from the agriculture sectors,,

FAO works with family farmers in mountainous areas who rely mainly on traditional rain-fed agriculture. It promotes a combined approach of reforestation with native trees, integrating trees with crops and livestock grazing (“agroforestry”), rainwater harvesting and sustainable land management.

The techniques have enabled farmers to put an end to “slash-and-burn” practices. They are restoring moisture in soils, replenishing ground water supplies and reducing erosion. This is helping create the conditions for a more resilient and productive agriculture, where farmers produce food all year round and benefit from the fruits, firewood and timber of the trees. So far, 33 tree nurseries have been set up under the initiative, and in 2022, over 13 000 hectares of critical ecosystems were restored using native tree species. Hundreds of families had enough water for their needs throughout the dry season.

The RECLIMA project is implemented by FAO with the support of the Government of El Salvador and the financial backing of the Green Climate Fund (GCF).

The fight against the climate emergency requires that the main objective of “mitigation”, namely the prevention and reduction of greenhouse gas emissions into the atmosphere to diminish climate change impacts, is also addressed. What are FAO priorities to this end?

We do not treat mitigation in isolation but consider all the synergies offered by the diverse solutions available from the agriculture sectors. We are committed to creating an enabling environment for climate change action in agriculture, with solutions that bring multiple

benefits from mitigation and adaptation, to resilience and food security.

Under its Strategy on Climate Change 2022-2031, FAO supports Member countries to adopt good practices and innovative solutions to further climate change mitigation and adaptation and build resilience for sustainable agrifood systems. The overarching aim is the transformation to more efficient, inclusive, resilient and sustainable agrifood systems through the Four Betters: better production, better nutrition, a better environment, and a better life, leaving no one behind. This will contribute directly to SDG 1 (No poverty), SDG 2 (Zero hunger), and SDG 10 (Reduced inequalities), as well as support achievement of the broader 2030 agenda. FAO supports countries to build capacity and adopt tools to implement farming practices which capture carbon and store it in agricultural soils, like restoring degraded land and grasslands, replenishing soil fertility, introducing agroforestry and conservation tillage (whatever works best in the context). FAO also promotes more efficient fertilizer use and management of livestock systems to enhance emission reductions per product unit. These all can have multiple benefits – not just climate change mitigation, but also adaptation, as well as food security. FAO is following this approach in Haiti and Senegal, two countries particularly vulnerable to climate change, under the Strengthening Agricultural Adaptation (SAGA) programme. In Senegal, for example, 34 percent of arable land is degraded, in large part due to salinization. Climate change, causing rising temperatures and rainfall changes, is likely to exacerbate this degradation in the future.

But research has shown the potential of agroforestry systems to protect soil fertility and “halophytic” woody plants adapted to high levels of salinity to regenerate the soils. In the regions of Diourbel, Kaolack and Thiès, groups of smallholder producers, including 32 women, are learning soil improvement techniques including compost production and fertilization. Yields in their villages are now increasing as a result of the improved soil fertility. FAO is also helping to strengthen decision-makers in charge of the political dialogue in the country and supporting the integration of sustainable agricultural practices into the Nationally Determined Contributions 3.0.

Con l'innovazione aiutiamo i Paesi a ridefinire le strategie politiche e ad ampliare il raggio d'azione



Intervista con Kaveh Zahedi, Direttore dell'Ufficio per il Cambiamento Climatico, la Biodiversità e l'Ambiente dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)

Kaveh Zahedi è Direttore dell'Ufficio per il Cambiamento Climatico, la Biodiversità e l'Ambiente dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO). Prima del suo incarico in FAO, è stato dal 2016 al 2023 Vice Segretario Esecutivo della Commissione Economica e Sociale delle Nazioni Unite per l'Asia e il Pacifico (UNESCAP) a Bangkok, dove ha coordinato i programmi ESCAP per l'ambiente, il cambiamento climatico, i disastri naturali, la finanza, l'energia, il commercio, i trasporti, lo sviluppo sociale e la ricerca statistica, a sostegno dell'attuazione dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. Dal 1995 al 2016 Kaveh Zahedi ha prestato servizio presso il Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP) in posizioni di crescente responsabilità, tra le quali Direttore Regionale e Rappresentante per l'Asia e il Pacifico (Bangkok); Vice Direttore della Divisione Economia (Parigi); Coordinatore per il Cambiamento Climatico (Parigi); Direttore ad Interim/ Vice Direttore del World Conservation Monitoring Centre (Cambridge); Coordinatore Regionale (Città del Messico); e funzionario per gli affari ambientali (Nairobi). Ha iniziato la sua carriera nel 1993 come consulente economico presso l'organizzazione non governativa Cooperation for Development (Londra), dove era responsabile della gestione di progetti di credito agricolo e microfinanza in America Latina e Medio Oriente. Kaveh Zahedi è cittadino della Repubblica Islamica dell'Iran e del Regno Unito, ha conseguito un Master in Relazioni Internazionali presso la Fletcher School della Tufts University, negli Stati Uniti, e una Laurea triennale in Economia (con lode) presso lo University College London nel Regno Unito. Kaveh Zahedi riveste un ruolo di primo piano all'interno della FAO e

questa è l'intervista che ha gentilmente rilasciato per la nostra rivista.

Mr Zahedi, potrebbe delineare il ruolo della FAO, per quanto riguarda il settore agroalimentare, nell'ambito del cambiamento climatico in atto?

Molte delle sfide inerenti al cambiamento climatico, alla perdita della biodiversità e al degrado del suolo, possono essere affrontate mediante soluzioni che coinvolgono i sistemi agroalimentari. I nostri progetti e le nostre iniziative a livello globale, nazionale e locale sono concepiti in modo da aiutare i paesi a raggiungere le proprie aspirazioni nazionali, compreso il raggiungimento degli obiettivi stabiliti con l'Accordo di Parigi. La FAO offre supporto ai paesi per ridefinire le strategie politiche e potenziare le azioni attraverso l'innovazione, le tecnologie e la finanza. Questa è l'essenza della strategia della FAO sul cambiamento climatico.

Alla COP 28 di Dubai, è stata presentata la roadmap della FAO per affrontare il cambiamento climatico. Quali sono i suoi obiettivi e le misure attuabili per raggiungerli?

La roadmap presentata dalla FAO è parte di un ampio lavoro, in continua espansione, che dimostra come le soluzioni agroalimentari siano fondamentali per raggiungere gli obiettivi climatici e di sicurezza alimentare. Da diversi anni lavoriamo per evidenziare le possibili soluzioni identificate dalla scienza, in particolare dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Queste soluzioni comprendono recuperare e gestire in

modo sostenibile i terreni agricoli; garantire sistemi zootecnici efficienti e resilienti, promuovere pratiche sostenibili per l'acquacoltura e per la pesca; porre fine alla deforestazione e promuovere l'agro-silvicoltura; ripristinare gli ecosistemi ed assicurare un uso sostenibile della biodiversità; preservare semi e risorse fitogenetiche per il futuro; sviluppare sistemi agroalimentari energy-smart, basati su un uso sostenibile dell'energia. Tutti questi aspetti sono alla base del nostro supporto alle azioni climatiche.

In una recente intervista lei ha affermato che l'agricoltura è la prima vittima del cambiamento climatico. Ma l'agricoltura è anche fra i responsabili del cambiamento climatico in termini di inquinamento. Che soluzioni possiamo adottare?

Esistono già soluzioni per trasformare i sistemi agroalimentari e fare in modo che ogni Paese possa raggiungere la sicurezza alimentare e, allo stesso tempo, 'costruire' resilienza e contribuire all'adattamento, alla mitigazione del cambiamento climatico, e all'uso sostenibile della biodiversità. Ho citato alcune di queste soluzioni nella mia precedente risposta. Tuttavia, ad oggi, queste soluzioni non sono state ancora implementate su una scala adeguata alle loro potenzialità, a causa di una carenza di investimenti, che deve essere affrontata con urgenza. Mentre a livello globale i finanziamenti per il clima aumentano, il supporto ai sistemi agroalimentari rimane molto indietro rispetto ad altri settori, rappresentando nel 2021 meno del 20% dei finanziamenti destinati alle attività che riguardano il clima.

“La FAO sta lavorando per garantire che i finanziamenti per il clima aumentino e raggiungano coloro che ne hanno più bisogno,,

La FAO sta lavorando per garantire che i finanziamenti per il clima aumentino e raggiungano coloro che ne hanno più bisogno, in particolare i piccoli agricoltori. Dal

2006, la partnership della FAO con il Global Environment Facility (GEF) ha aiutato più di 120 Paesi ad accedere a oltre 1,7 miliardi di dollari in finanziamenti per progetti e a mobilitare oltre 11 miliardi di dollari in cofinanziamenti per trasformare i sistemi agroalimentari e affrontare al contempo le sfide ambientali e climatiche. Allo stesso modo, la partnership della FAO con il Green Climate Fund (GCF) ha raccolto oltre 1,2 miliardi di dollari per progetti trasformativi in 21 Paesi di 5 regioni. Inoltre, la FAO sta supportando lo sviluppo di Food and Agriculture for Sustainable Transformation Partnership (FAST), che ha l'obiettivo di migliorare la qualità e la quantità dei finanziamenti per il clima destinati ai sistemi agroalimentari”.

Presto saremo 10 miliardi di persone sulla Terra, ma secondo i dati della FAO circa 700 milioni di persone soffrono ancora per la scarsità di risorse e fame. Come sta affrontando la FAO la sfida dell'insicurezza alimentare, aggravata dagli effetti del cambiamento climatico?

La FAO ritiene che trasformare i sistemi agroalimentari per renderli più efficienti, inclusivi, resilienti e sostenibili contribuirà a garantire una maggiore disponibilità, accessibilità e sostenibilità alimentare, oltre ad affrontare gli impatti del cambiamento climatico e il raggiungimento dei Sustainable Development Goals (SDG) nell'ambito delle 'Four Betters'¹, senza lasciare indietro nessuno.

I programmi, i progetti e la vasta gamma di conoscenze FAO aiutano i Paesi a sviluppare la loro capacità e gli strumenti per trasformare i sistemi agroalimentari. La FAO ha diversi progetti in tutto il mondo che implementano tali soluzioni, inclusi, ad esempio, progetti sulla diversità delle colture gestiti dalle comunità locali in Ecuador, programmi di silvicoltura a Cuba e di ripristino delle mangrovie in Senegal. La FAO sta anche intensificando gli sforzi per integrare negli accordi ambientali multilaterali soluzioni specifiche per i sistemi agroalimentari e garantire che siano completamente integrate nei processi e nelle strategie di pianificazione nazionale.

La FAO ha constatato che potenziare l'implementazione e la diffusione di soluzioni per i sistemi agroalimentari attraverso innovazione, tecnologie e politiche abilitanti mirate ai piccoli agricoltori e produttori, è fonamen-

¹ Quattro aree di intervento e miglioramento individuate dalla FAO: l'Agenda 2030 in generale e, in particolare, SDG 1, Sconfiggere la povertà; SDG 2, Sconfiggere la fame; SDG 10, Ridurre le disuguaglianze



tale per affrontare la sfida dell'insicurezza alimentare, aggravata dagli effetti dei cambiamenti climatici.

La FAO sta anche supportando 139 Paesi, inclusi i Paesi Meno Sviluppati (LDCs) e gli Stati Insulari in via di sviluppo (SIDS), ad accedere ai finanziamenti del Global Environment Facility (GEF) per trasformare i loro sistemi agroalimentari, e altri 87 Paesi ad accedere ai finanziamenti del Green Climate Fund (GCF), di cui ho parlato prima.

Eventi meteorologici estremi causati dai cambiamenti climatici, come ondate di calore, piogge intense e siccità, sono sempre più frequentemente osservati in tutto il mondo. Un nuovo studio della FAO ha esaminato il loro impatto sul reddito e sull'adattamento, in particolare delle comunità rurali. Cosa mostra lo studio, facendo anche riferimento al ruolo delle donne?

“Il cambiamento climatico è una crisi globale, ma gli effetti su Paesi, persone e comunità sono disuguali,”

La FAO ha analizzato i dati socioeconomici di oltre 100.000 famiglie rurali, comprendenti più di 950 milioni di persone in 24 paesi a basso e medio reddito (LMICs), e ha integrato queste informazioni con i dati relativi alle precipitazioni e alle temperature giornaliere per un periodo di 70 anni. Il rapporto della FAO, “Il clima ingiusto. Misurare l’impatto del clima sulle fasce rurali povere, le donne, i giovani” mostra che, sebbene il cambiamento climatico rappresenti una crisi globale, i suoi effetti su Paesi, persone e comunità sono disuguali. Il rapporto ha rilevato che le donne delle zone rurali, le persone che vivono in povertà e le popolazioni più anziane subiscono maggiormente gli impatti del cambiamento climatico e non hanno accesso alle risorse, ai servizi e alle opportunità necessari per adattarsi e sopravvivere. Ad esempio, le famiglie guidate da donne, rispetto alle famiglie guidate da uomini, perdono l'8% in più del loro reddito per lo stress termico e il 3% in più per le inondazioni. Questo equivale, rispettivamente, a 37 miliardi di dollari e 16 miliardi di dollari, in tutti i Paesi a basso e medio reddito (LMICs). Le famiglie rurali povere, subiscono una

perdita del 5% in più a causa dello stress termico, rispetto ai vicini più benestanti. Le temperature estreme inoltre spingono bambini e donne ad aumentare il loro orario di lavoro settimanale.

Nonostante ciò, il rapporto rivela che queste tematiche rimangono quasi invisibili nelle politiche climatiche nazionali e che l'attuale finanziamento a sostegno delle azioni climatiche è insufficiente a soddisfare le esigenze delle persone vulnerabili. Su 24 Paesi, solo il 6% delle azioni climatiche nell'ambito dei Nationally Determined Contributions (NDCs) e dei National Adaptation Plans (NAPs) menziona le donne e solo l'1% menziona le persone povere. Sul totale dei finanziamenti climatici tracciati nel 2017/18, meno del 3% è andato all'agricoltura, alla silvicoltura e ad altri usi del suolo e investimenti; e solo l'1,7%, pari a circa 10 miliardi di dollari, ha raggiunto i produttori su piccola scala. Il rapporto chiede di investire in politiche e programmi che affrontino la vulnerabilità climatiche delle fasce rurali povere climatiche e i loro limiti. Ad esempio, una delle raccomandazioni del rapporto prevede di collegare programmi di protezione sociale a servizi di consulenza che incoraggino l'adattamento al clima e compensino gli agricoltori per le perdite, come i programmi di assistenza sociale cash-based (ndr pagamenti in denaro). Il rapporto riconosce anche che una trasformazione dei sistemi agroalimentari di successo necessita, per raggiungere il massimo impatto, di essere giusta, equa, inclusiva e in grado di rispondere alle questioni di genere.

Può fornirci alcuni esempi di successo in tema di adattamento al cambiamento climatico che la FAO ha osservato o sostenuto?

Due esempi sono il programma FAO-UNDP SCALA e il progetto RECLIMA. Il programma FAO-UNDP SCALA (Scaling up Climate Ambition in Land Use and Agriculture through nationally determined contributions (NDCs) and National Adaptation Plans (NAPs)) è attivo in 12 Paesi in Africa, Asia e America Latina e aiuta le comunità rurali a sviluppare la resilienza al cambiamento climatico e i governi nazionali a rafforzare la presenza del settore agroalimentare nei piani climatici nazionali. In Colombia, ad esempio, SCALA sta collaborando con l'etnia indigena Wayúu nella regione arida di El Guajira, all'estremo nord del continente sudamericano. Il cambiamento climatico, con l'aumento delle temperature, le variazioni nelle precipitazioni annuali, la siccità e le inondazioni,

sta accelerando il degrado del suolo e la perdita di biodiversità nella regione. Fino al 67% dei Popoli Indigeni di La Guajira, e in particolare i Wayúu, fatica ad ottenere cibo nutriente a sufficienza. Attraverso il programma SCALA, la FAO sta lavorando per migliorare la resilienza dei Popoli Indigeni Wayúu, integrando insieme le loro conoscenze tradizionali con le scienze agrarie climate-smart per garantire la sostenibilità della produzione agricola. Ad esempio, nel villaggio di Ipasharrim, dopo aver consultato 53 famiglie Wayúu, sono state identificate diverse sementi locali resilienti, tra le quali il fagiolo Guajiro (*Vigna unguiculata* L.), che è resistente a siccità e inondazioni, produce un primo raccolto dopo tre mesi ed è altamente nutriente. I Wayúu stanno ora utilizzando l'irrigazione a goccia, attingendo l'acqua da un pozzo, e concime di capra mescolato con minerali e ceneri per arricchire il suolo. Grazie a un suolo più fertile e all'acqua disponibile, questo fagiolo ora produce per otto mesi all'anno, offrendo una fornitura costante di cibo anche quando le piogge sono scarse. Grazie alle nuove pratiche di adattamento, la comunità ha un surplus di fagioli Guajiro da vendere o scambiare. Questi strumenti e metodologie vengono ora sperimentate e ampliate in altre regioni montuose in tutto il Paese. Il programma SCALA è finanziato dal Ministero Federale tedesco dell'Ambiente, della Conservazione della Natura, della Sicurezza Nucleare e della Protezione dei Consumatori, attraverso l'Iniziativa Internazionale per il Clima (IKI).

Il progetto RECLIMA, della durata di cinque anni e con un budget di 127,7 milioni di dollari, "Incremento delle misure di resilienza climatica negli agroecosistemi del corridoio secco di El Salvador", ha l'obiettivo di migliorare la resilienza di circa 50.000 famiglie di agricoltori vulnerabili in 114 municipalità. El Salvador si trova nel Corridoio Secco dell'America Centrale, dove l'aumento delle temperature e le siccità provocano la deforestazione e il degrado del suolo, riducendo le risorse idriche e i raccolti.

La FAO lavora con le famiglie di agricoltori nelle aree montuose che si affidano principalmente alle colture tradizionali pluviali. La FAO promuove un approccio combinato di riforestazione con alberi autoctoni, integrazione degli alberi con le colture e il pascolo del bestiame ("agroforestazione"), raccolta dell'acqua piovana e gestione sostenibile del suolo.

“Non trattiamo la mitigazione separatamente, ma teniamo conto di tutte le possibili sinergie offerte dalle diverse soluzioni disponibili nel settore agricolo,,

Queste tecniche hanno permesso agli agricoltori di porre fine alle pratiche di "taglio e bruciatura". L'umidità nei terreni si sta ripristinando, le risorse idriche sotterranee si ricostituiscono e si riduce l'erosione. L'utilizzo di queste tecniche sta consentendo di creare le condizioni per un'agricoltura più resiliente e produttiva, in cui gli agricoltori producono cibo tutto l'anno e beneficiano dei frutti, della legna da ardere e del legname degli alberti. Nell'ambito di questa iniziativa, finora sono stati creati 33 vivai di alberi e nel 2022, sono stati ripristinati oltre 13.000 ettari di ecosistemi critici utilizzando specie arboree autoctone. Centinaia di famiglie hanno avuto acqua a sufficienza per le loro esigenze durante tutta la stagione secca. Il progetto RECLIMA è realizzato dalla FAO con il supporto del Governo di El Salvador e il sostegno finanziario del Green Climate Fund (GCF).

La lotta contro l'emergenza climatica richiede che si affronti anche l'obiettivo principale della "mitigazione", ovvero la prevenzione e la riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera per diminuire gli impatti del cambiamento climatico. Quali sono le priorità della FAO in questa direzione?

Non trattiamo la mitigazione separatamente, ma teniamo conto di tutte le possibili sinergie offerte dalle diverse soluzioni disponibili nel settore agricolo. Siamo impegnati a creare un ambiente favorevole all'azione per il cambiamento climatico nell'agricoltura, con soluzioni che comportino molteplici benefici dalla mitigazione e l'adattamento, alla resilienza e la sicurezza alimentare. Con la Strategia sul Cambiamento Climatico 2022-2031, la FAO sostiene i Paesi membri nell'adozione di buone pratiche e soluzioni innovative per favorire la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico e sviluppare la resilienza dei sistemi agroalimentari sostenibili. L'obiettivo principale è la transizione verso sistemi agroalimentari più efficienti, inclusivi, resilienti e sostenibili attraverso i Four Betters: produzione migliore,



nutrizione migliore, ambiente migliore e vita migliore, senza lasciare indietro nessuno. Questo contribuirà direttamente al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite SDG 1 (Sconfiggere la povertà), SDG 2 (Sconfiggere la fame), SDG 10 (Riduzione delle disuguaglianze), oltre a sostenere il raggiungimento dell'Agenda 2030 nel suo insieme. La FAO offre supporto ai Paesi nella creazione delle competenze e adozione degli strumenti per implementare pratiche agricole che catturino il carbonio e lo immagazzino nei suoli agricoli, come il recupero di terreni e pascoli degradati, il ripristino della fertilità del suolo, l'introduzione dell'agro-silvicoltura e la lavorazione conservativa del terreno (a seconda di ciò che funziona meglio nel contesto). La FAO promuove anche un uso e una gestione più efficienti dei fertilizzanti e dei sistemi zootecnici per aumentare la riduzione delle emissioni per unità di prodotto. Tutto ciò può avere molteplici benefici: non solo la mitigazione del cambiamento climatico, ma anche per l'adattamento e la sicurezza alimentare.

La FAO sta adottando questo approccio ad Haiti e in Senegal, due Paesi particolarmente vulnerabili al cambiamento climatico, nell'ambito del programma Stren-

gthening Agricultural Adaptation (SAGA). In Senegal, ad esempio, il 34% delle terre arabili è degradato, in gran parte a causa della salinizzazione. E' probabile che in futuro, il cambiamento climatico, che causa l'aumento delle temperature e variazioni delle precipitazioni, esacerbi ulteriormente questo degrado.

Tuttavia, la ricerca ha mostrato il potenziale dei sistemi agroforestali nel proteggere la fertilità del suolo e delle piante legnose "alofite", adattate a livelli elevati di salinità, nel rigenerare i terreni. Nelle regioni di Diourbel, Kaolack e Thiès, gruppi di piccoli produttori, tra cui 32 donne, stanno imparando tecniche di miglioramento del suolo che comprendono la produzione di compost e la fertilizzazione. La produttività nei loro villaggi sta aumentando grazie al miglioramento della fertilità del suolo. La FAO sta inoltre contribuendo a sostenere i decisori incaricati del dialogo politico nel Paese e a supportare l'integrazione di pratiche agricole sostenibili nei Nationally Determined Contributions 3.0.

Tenere assieme mitigazione e adattamento climatico con l'innovazione energetica e sociale



Intervista con Edoardo Zanchini, Direttore dell'Ufficio Clima del Comune di Roma

Architetto, dottore di ricerca in pianificazione urbanistica, Edoardo Zanchini ha insegnato nelle Università di Roma, Ferrara e Pescara ed è stato Vicepresidente nazionale di Legambiente dal 2011 al 2022. Attualmente è Direttore dell'Ufficio Clima del Comune di Roma, una struttura nata con la mission di coordinare le attività in linea con gli obiettivi dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite e del Piano europeo per l'energia e il clima. Fra i suoi compiti, in particolare, definire una strategia organica di contrasto al cambiamento climatico attraverso l'adozione del piano di Mitigazione e Adattamento per la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e per mettere al riparo la città dagli shock e dagli stress indotti dal cambiamento climatico, con soluzioni tecniche strutturali innovative che ne rafforzino la resilienza. In questa intervista gli abbiamo chiesto di fare il punto sulle criticità poste dal global warming e sulle possibili strategie di mitigazione e adattamento per la città di Roma e non solo.

Dr. Zanchini l'Italia e il Mediterraneo sono sempre più roventi: l'inverno che abbiamo trascorso è stato il più caldo degli ultimi 40 anni e il modello previsionale ENEA ha confermato anche l'aumento delle temperature del mare. Non solo. Il mese di giugno 2024 è stato più caldo a livello globale di qualsiasi altro giugno precedente, con una temperatura media dell'aria superficiale di 16.66°C, 0.67°C al di sopra della media del periodo compreso tra il 1991 e il 2020. A giugno, inoltre, è stata superata di 1.50°C la media stimata del mese per il periodo compreso tra il 1850 e il 1900, periodo di riferimento preindustriale,

diventando così il dodicesimo mese consecutivo a raggiungere o superare la soglia di 1.5°C. Siamo davanti a qualcosa di irreversibile o è ancora possibile intervenire?

Siamo di fronte a un processo di riscaldamento globale che sta avendo un'accelerazione drammatica, ma che possiamo e dobbiamo rallentare, come del resto tutti gli Stati si sono impegnati a fare con l'Accordo di Parigi. Sono due i campi di azione che devono viaggiare in parallelo. Un primo che riguarda la riduzione delle emissioni per arrivare alla neutralità climatica al 2050, come prevede l'Unione europea, attraverso politiche di mitigazione come le fonti rinnovabili, l'efficienza energetica, la mobilità a emissioni zero. Un secondo campo, altrettanto importante, riguarda le politiche di adattamento nei confronti di un clima che è già cambiato, con impatti crescenti e scenari preoccupanti per il periodo 2050-2100. Mentre per il primo campo quanto si fa a livello locale va inquadrato dentro uno sforzo internazionale per dare effetti, le politiche di adattamento producono risultati direttamente nei territori in cui sono realizzate.

“Il clima è già cambiato con impatti crescenti e scenari preoccupanti per il periodo 2050-2100,,



Anche a Roma l'aumento delle temperature è molto evidente: la temperatura media nel periodo 2011-2021 ha registrato valori più elevati (17,7°C), con un aumento medio di +1,7°C rispetto al periodo 1981-2010. Inoltre, si è osservato un incremento del numero di giorni con una temperatura massima superiore a 25 gradi che nel 2021 sono stati ben 20 in più rispetto al periodo 1981-2010. Quali sono, secondo lei, i principali rischi per la Capitale e quali le criticità prioritarie da affrontare?

A Roma la crescita delle temperature, durante le sempre più frequenti ondate di calore, può raggiungere in alcuni quartieri livelli che mettono in pericolo la salute delle persone. Perché si somma l'effetto isola di calore urbana creato dall'impermeabilizzazione dei terreni, da materiali come asfalto e cemento che assorbono il caldo, e dalla presenza delle auto. È dunque necessario intervenire a partire dai quartieri maggiormente vulnerabili da un punto di vista climatico e sociale che sono stati individuati con la Strategia di Adattamento della città. La buona notizia è che le misure di adattamento possono contribuire a ridurre le temperature percepite, valorizzando il ruolo positivo che svolgono la biodiversità, l'acqua, gli ombreggiamenti, i materiali con il più alta albedo, attraverso l'implementazione di Nature-Based Solutions (NBS), ossia azioni basate sulla natura in grado di fornire benefici non solo ambientali ma anche di vivibilità.

“A Roma occorre intervenire sui quartieri maggiormente vulnerabili,

All'inizio del 2024 il sindaco, Roberto Gualtieri, ha presentato la proposta di Strategia di Adattamento Climatico delineando un ambizioso progetto per proteggere la città dagli impatti legati alla crisi climatica previsti entro il 2050. Può sinterizzarne le priorità e le azioni chiave?

La Strategia è stata costruita coinvolgendo tutto il mondo scientifico impegnato su queste sfide, le istituzioni di ricerca come ENEA e le università. Il documento individua i problemi e i rischi che la città ha di fronte in uno

scenario al 2050, e le priorità su cui occorrerà concentrare il lavoro dei prossimi anni, con risorse e progetti per mettere in sicurezza Roma. Le quattro priorità sono: la maggiore intensità delle piogge e delle alluvioni, con conseguenze per le infrastrutture e gli spazi urbani, maggiori rischi di esondazioni fluviali.; la sicurezza degli approvvigionamenti idrici in uno scenario in cui si registrano maggiori periodi di siccità; la crescita delle ondate di calore in una città in cui il caldo è già cresciuto e quartieri a rischio a causa dell'effetto isola di calore urbano; l'intensificarsi di impatti sul litorale costiero in uno scenario di innalzamento del livello del mare. Per ognuna di queste priorità vengono individuate le misure per preparare il territorio di Roma agli impatti in corso e a quelli prevedibili come conseguenza degli scenari climatici e degli impatti che potranno avvenire al 2050.

Per stimolare osservazioni da parte di cittadini, associazioni e gruppi di interesse avete dato il via a una consultazione pubblica e promosso tavoli di confronto e workshop con gli stakeholder. Ci può anticipare i principali risultati della consultazione? A suo giudizio quale ruolo possono avere l'informazione diffusa sul cambiamento climatico?

L'adattamento climatico è un tema di crescente attenzione ma ancora poco conosciuto dai cittadini. Per questo abbiamo deciso di organizzare una consultazione sulla proposta di strategia che si è svolta da febbraio a maggio, con diverse iniziative scientifiche e pubbliche, conferenze e workshop in luoghi diversi della città e dando la possibilità di presentare osservazioni a cittadini e associazioni. L'informazione diffusa sul cambiamento climatico è fondamentale per far capire ai cittadini che oggi viviamo in territori a rischio, dove accanto a interventi pubblici di messa in sicurezza servono anche comportamenti responsabili durante fenomeni di una portata senza precedenti. Obiettivo del Comune era di far conoscere il quadro aggiornato delle analisi sui rischi e sulle vulnerabilità del territorio, far comprendere la portata delle sfide che la città si trova di fronte, entrare nel merito degli obiettivi e delle misure previste. Siamo molto contenti della partecipazione di cittadini, ricercatori, associazioni alla fase di partecipazione e diverse sollecitazioni sono state recepite nella versione finale della Strategia che sarà approvata entro fine anno dall'Assemblea Capitolina.



“L’informazione diffusa sul cambiamento climatico è fondamentale,,

In Italia quasi il 70% della popolazione vive nelle aree urbane e in città di grandi, medie o piccole dimensioni. Questa percentuale è destinata ad aumentare e, con essa, l’estensione delle aree urbanizzate. Quale ruolo possono svolgere le città per proteggere meglio i cittadini e sviluppare una maggiore resilienza?

Non esiste città al mondo che non abbia avuto esperienza diretta di quanto il clima sia già cambiato, con piogge intense, ondate di calore e periodi di siccità sempre più frequenti. L’impatto di questi cambiamenti incide profondamente sulla qualità della vita dei cittadini, e il loro impatto sulle comunità, purtroppo, è spesso devastante. A Roma la dimensione della vulnerabilità su cui intervenire è impressionante nei numeri: secondo l’Autorità distrettuale di Bacino sono quasi 400mila le persone che vivono in aree a rischio idrogeologico a Roma. Se invece si considerano gli effetti dell’aumento delle temperature, le analisi epidemiologiche realizzate da DEP Lazio nel Comune di Roma mettono in evidenza un aumento della mortalità e dei ricoveri ospedalieri come conseguenza di periodi di ondate di calore. L’analisi integrata della vulnerabilità ambientale e di quella sociale, per il basso stato socioeconomico, mette in evidenza che il 9% della popolazione residente a Roma vive in quartieri a rischio in periodi di prolungate ondate di calore.

Può citare alcune best practice o modelli ai quali ispirerete i progetti di adattamento urbano di Roma?

Per affrontare queste sfide, Roma si sta confrontando con le grandi città europee, e in particolare quelle mediterranee che hanno problemi simili ai nostri, con progetti europei e scambi di buone pratiche. Vogliamo partire dai quartieri più fragili con progetti di riqualificazione dove l’attenzione al caldo, all’uso dell’acqua e del verde, dei materiali punta a ridurre gli impatti sulla salute delle persone deve essere centrale. Questo approccio lo potremo già vedere negli spazi pubblici che stiamo riqualificando in vista del Giubileo, come a Piazza dei Cinquecento di fronte alla Stazione Termini, a Piazza San Giovanni e a Piazza Risorgimento, dove abbiamo applicato questo approccio.

La lotta all’emergenza climatica passa anche attraverso l’obiettivo principale della “mitigazione”, cioè nella prevenzione e riduzione delle emissioni di gas a effetto serra nell’atmosfera per rendere meno gravi gli impatti dei cambiamenti climatici. Quali sono le vostre priorità in questo senso per la Capitale?

Roma è stata selezionata dalla Commissione Europea tra le città che vogliono accelerare nel percorso di decarbonizzazione e ci supporterà all’interno della Mission “100 carbon-neutral and smart cities by 2030”. Nel Piano Clima approvato a novembre del 2023 abbiamo deciso di alzare l’asticella degli obiettivi, portando il target al 2030 delle emissioni di CO₂ a -66% rispetto al 2003, quando nel precedente piano erano -51%. Possiamo farlo perché a Roma le emissioni dal 2003 sono diminuite del 34,8% mentre il Pil cresceva del 29,5%, a dimostrazione di come nella sfida climatica si possano tenere assieme obiettivi ambientali e di sviluppo.

“Far diventare Roma un laboratorio delle innovazioni possibili,,

L’obiettivo che ci poniamo è di far diventare Roma un laboratorio delle innovazioni oggi possibili nella produzione e condivisione di energia da fonti rinnovabili, nella mobilità sostenibile, nell’economia circolare. Gli investimenti in corso e finanziati per il clima e la rigenerazione urbana sono senza precedenti, pari a oltre 10 miliardi di euro attraverso risorse del Recovery plan italiano, del Giubileo, da finanziamento nazionali, europei, regionali, del bilancio dell’amministrazione. A Roma le emissioni provengono principalmente dagli edifici – consumi elettrici, per riscaldamento e raffrescamento per il 53% - e dai trasporti, 35%. Ed è in questi due settori che stiamo concentrando i maggiori sforzi, con grandi interventi di trasformazione: dalla riqualificazione energetica di oltre mille alloggi di edilizia popolare, di 230 scuole, alla realizzazione di quattro nuove linee di tram e all’acquisto di 411 autobus elettrici, 121 convogli per i tram, 40 treni per la metropolitana. Tutti gli interventi sono stati selezionati e progettati tenendo assieme in modo chiaro le sfide della mitigazione e quella dell’adattamento climatico, l’innovazione energetica con quella sociale.

Clima mediterraneo: cambiamento in atto e scenari futuri

Il Mediterraneo è riconosciuto dalla comunità scientifica come uno dei principali "hotspot climatici" a livello globale [1], una definizione che sottolinea la sua estrema vulnerabilità agli impatti del cambiamento climatico. Situato tra Europa, Asia e Africa, il bacino Mediterraneo presenta una combinazione unica di fattori geografici e climatici che lo rendono particolarmente sensibile all'aumento delle temperature globali [2]. L'evidenza scientifica dimostra che il Mediterraneo sta subendo trasformazioni climatiche che avranno conseguenze profonde sugli ecosistemi e sulle attività umane.

DOI 10.12910/EAI2024-050

di Gianmaria Sannino, Alessandro Anav, Franco Catalano, Ernesto Napolitano, Alcide di Sarra e Damiano Sferlazzo, Divisione Modelli, Osservazioni e Scenari per il Cambiamento Climatico e la Qualità dell'Aria - ENEA

Il Mediterraneo ha goduto in passato di un clima particolarmente prevedibile, caratterizzato da estati calde e secche e inverni miti e piovosi, senza particolari eccessi. Ma il riscaldamento globale sta destabilizzando questo equilibrio. Uno dei segnali più evidenti è l'aumento delle temperature. L'evidenza scientifica mostra chiaramente che rispetto ai livelli preindustriali le temperature medie nella regione mediterranea sono già aumentate di 1,5°C, un valore che supera di circa 0,4°C la media globale [3]. Questo tasso di riscaldamento, più rapido rispetto ad altre regioni del mondo, è uno dei primi segnali **che il Mediterraneo sta subendo trasformazioni climatiche che avranno conseguenze profonde sugli ecosistemi e sulle attività umane.**

Per comprendere meglio queste dinamiche, i climatologi si avvalgono di modelli matematici complessi, noti come Earth System Models (ESMs), capaci di integrare tutte le componenti del sistema climatico terrestre, dall'atmosfera agli oceani, dai ghiacci alla vegetazione, passando per i cicli

biogeochimici [4]. L'ENEA contribuisce allo sviluppo dell'ESM globale EC-Earth e ha sviluppato un ESM regionale (ENEA-REG) specifico per l'area del Mediterraneo [5].

Gli scenari delineati dall'ENEA

Gli scenari delineati dall'ENEA [6] per il Mediterraneo variano a seconda dei diversi livelli di emissioni di gas serra considerati [7]. In uno scenario a basse emissioni, in cui si ipotizza una decisa azione globale per ridurre le emissioni e raggiungere la neutralità carbonica entro la metà del secolo, si prevede un aumento delle temperature compreso tra 1,5°C e 2°C rispetto ai livelli preindustriali. Tuttavia, scenari più pessimisti, caratterizzati da un continuo aumento delle emissioni, mostrano un possibile incremento fino a 4-5°C entro la fine del secolo (Figura 1).

Un altro aspetto cruciale del cambiamento climatico nel Mediterraneo riguarda le precipitazioni. Gli studi condotti dall'ENEA [6] indicano una diminuzione significativa delle piogge annuali, specialmente durante i mesi

estivi. Nei peggiori scenari ad alte emissioni, questa riduzione potrebbe arrivare fino al 30%, aumentando significativamente la frequenza e l'intensità dei periodi siccitosi. In alcuni casi, ciò potrebbe comportare una desertificazione progressiva in vaste aree del Sud Europa e del Nord Africa. Negli scenari a basse emissioni le riduzioni delle precipitazioni saranno meno drastiche, ma comunque presenti, con un calo stimato del 5-10% rispetto ai livelli attuali.

Queste variazioni nelle precipitazioni, combinati con l'aumento delle temperature, renderanno il Mediterraneo particolarmente vulnerabile alla carenza idrica, alla perdita di biodiversità e all'aumento del rischio di incendi boschivi, compromettendo anche settori economici vitali come l'agricoltura e il turismo [3].

Un'altra conseguenza del cambiamento climatico nel Mediterraneo è rappresentata **dall'incremento degli eventi meteorologici estremi.** Ondate di calore, incendi boschivi e piogge torrenziali sono sempre più frequenti. Nel 2023, in particolare, Paesi come

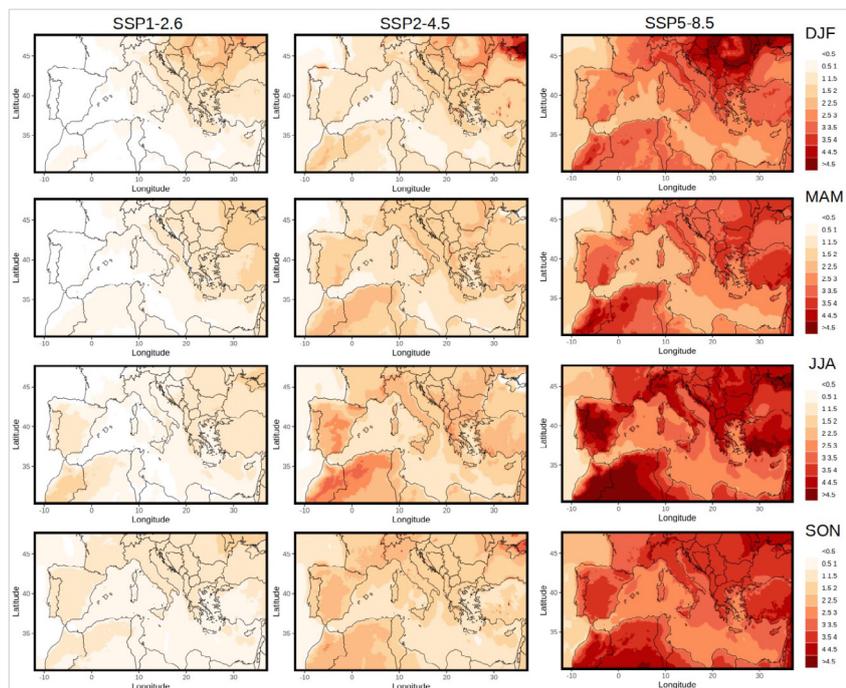


Figura 1: Cambiamento della temperatura superficiale (°C) a fine secolo rispetto al periodo storico (2071-2100 meno 1985-2014) calcolato dalle simulazioni effettuate con il modello ENEA-REG: SSP1-2.6 (colonna sinistra), SSP2-4.5 (colonna centrale) e SSP5-8.5 (colonna destra). Inverno (Dicembre-Gennaio-Febbraio, prima riga), primavera (Marzo-Aprile-Maggio, seconda riga), estate (Giugno-Luglio-Agosto, terza riga), autunno (Settembre-Ottobre-Novembre, quarta riga). Da Anav et al. (2024).

Spagna, Italia e Grecia hanno registrato temperature massime oltre i 45°C, portando a incendi devastanti che hanno distrutto vaste aree di foresta e macchia mediterranea, contribuendo ulteriormente all'aumento delle emissioni di CO₂.

A complicare ulteriormente la situazione, si sono verificate anche ondate di calore marine (MHWs), eventi prolungati di riscaldamento delle acque superficiali [8]. Tra la primavera del 2022 e quella del 2023 il Mediterraneo ha vissuto un'ondata di calore marina eccezionalmente lunga, la più prolungata degli ultimi quattro decenni [9]. L'analisi delle serie temporali di temperatura acquisite a diverse profondità presso la stazione oceanografica ENEA di Lampedusa ha evidenziato una correlazione significativa tra la ridotta frequenza di eventi ventosi di forte intensità e l'anomalo

accumulo di energia termica negli strati superficiali del mare. La limitata intensità del vento ha determinato una diminuzione dei processi di rimescolamento verticale della colonna d'acqua, riducendo il trasferimento di calore verso gli strati più profondi. Questo fenomeno ha generato una pronunciata stratificazione termica, con un conseguente incremento anomalo delle temperature superficiali.

Alterazioni significative negli ecosistemi marini e tropicalizzazione

Il riscaldamento delle acque del Mediterraneo sta già provocando alterazioni significative negli ecosistemi marini. Specie marine tipiche di acque più calde stanno migrando verso nord, mentre le specie autoctone lottano per adattarsi. Questo fenomeno, noto come "tropicalizzazione",

sta portando alla comparsa di nuove specie, come il pesce leone, e alla proliferazione di meduse di grandi dimensioni, che alterano gli equilibri ecologici esistenti [10].

Gli impatti del cambiamento climatico non riguardano solo l'ambiente naturale, ma anche la società e l'economia della regione. La regione ospita circa 500 milioni di persone, molte delle quali vivono lungo le coste. L'innalzamento del livello del mare minaccia città e infrastrutture costiere [11] [12], mentre la ridotta disponibilità di acqua e la perdita di produttività agricola potrebbero provocare tensioni tra i paesi mediterranei, aumentando il rischio di migrazioni climatiche.

Le comunità costiere, in particolare, si troveranno a fronteggiare rischi crescenti, con settori come il turismo gravemente colpiti.

Il Mediterraneo rappresenta una sorta di laboratorio naturale per lo studio degli impatti del cambiamento climatico. Di fronte a sfide senza precedenti, è fondamentale distinguere chiaramente tra mitigazione e adattamento. La **mitigazione** riguarda le azioni volte a ridurre o prevenire le emissioni di gas serra, affrontando così le cause profonde del cambiamento climatico. Senza definire ed implementare efficaci misure di mitigazione, le strategie di **adattamento** rischiano di essere insufficienti o temporanee.

Misure di mitigazione e strategie di adattamento

È necessario un approccio coordinato e globale per mitigare gli effetti più gravi del cambiamento climatico nel Mediterraneo. Questo include l'adozione di politiche climatiche ambiziose, la transizione verso energie rinnovabili e la promozione di pratiche sostenibili in tutti i settori economici. **Solo definendo solide misure**

di mitigazione possiamo creare le basi per efficaci strategie di adattamento che comprendono tra le altre una gestione sostenibile delle risorse idriche, l'adozione di tecniche agricole innovative e la promozione di infrastrutture resilienti capaci di affrontare eventi climatici estremi. Inoltre,

investimenti in ricerca e tecnologie avanzate per il monitoraggio e la previsione dei cambiamenti climatici saranno essenziali per adattarsi efficacemente.

Il futuro del Mediterraneo dipenderà dalla nostra capacità di innovare e riconsiderare il nostro rapporto con

l'ambiente, integrando sia misure di mitigazione che di adattamento. Solo così potremo preservare non solo il patrimonio naturale, ma anche quello culturale e storico di una regione così unica del nostro Pianeta.

per info: gianmaria.sannino@enea.it

Bibliografia

1. Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, 33(8).
2. Tuel, Alexandre, and Elfatih A. B. Eltahir. "Why Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot?" *Journal of Climate*, vol. 33, no. 14, 2020, pp. 5829–5843. American Meteorological Society, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0910.1>.
3. Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change (MedECC) (2020). *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report* [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (Eds.)]. Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7224821>
4. Döscher, R., Acosta, M., Alessandri, A., Anthoni, P., Arneth, A., Arsouze, T., Bergmann, T., Bernadello, R., Bousetta, S., Caron, L.-P., Carver, G., Castrillo, M., Catalano, F., Cvijanovic, I., Davini, P., Dekker, E., Doblas-Reyes, F. J., Docquier, D., Echevarria, P., Fladrich, U., Fuentes-Franco, R., Gröger, M., v. Hardenberg, J., Hieronymus, J., Karami, M. P., Keskinen, J.-P., Koenig, T., Makkonen, R., Massonet, F., Ménégoz, M., Miller, P. A., Moreno-Chamarro, E., Nieradzki, L., van Noije, T., Nolan, P., O'Donnell, D., Ollinaho, P., van den Oord, G., Ortega, P., Prims, O. T., Ramos, A., Reerink, T., Rousset, C., Ruprich-Robert, Y., Le Sager, P., Schmith, T., Schrödner, R., Serva, F., Sicardi, V., Sloth Madsen, M., Smith, B., Tian, T., Tourigny, E., Uotila, P., Vancoppenolle, M., Wang, S., Wårlind, D., Willén, U., Wyser, K., Yang, S., Yepes-Arbós, X., and Zhang, Q., 2022: The EC-Earth3 Earth System Model for the Climate Model Intercomparison Project 6, *Geosci. Model Dev.*, doi:10.5194/gmd-2020-446
5. Anav A, Carrillo A, Palma M, Struglia MV, Turuncoglu UU, Sannino G. The ENEA-REG system (v1.0), a multi-component regional Earth system model: sensitivity to different atmospheric components over the Med-CORDEX region. *Geosci Model Dev.* 2021;14:4159–4185. doi:10.5194/gmd-14-4159-2021.
6. Anav A., Antonelli M., Calmanti S., Carillo A., Catalano F., Dell'Aquila A., Iacono R., Marullo S., Napolitano E., Palma M., Pisacane G., Sannino G., Struglia M. V., 2024: Dynamical downscaling of CMIP6 scenarios with ENEA-REG: An impact-oriented application for the MED-CORDEX region. *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-023-07064-3
7. IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896
8. Darmaraki, S., et al. (2019). Marine heatwaves in the Mediterranean Sea under climatic change. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(3), 1637–1656.
9. Marullo, S., Serva, F., Iacono, R., Napolitano E., di Sarra A., Meloni, D., Monteleone F., Sferlazzo D., De Silvestri L., de Toma V. (2023). Record-breaking persistence of the 2022/23 marine heatwave in the Mediterranean Sea. *Environ. Res. Lett.*, Vol 18, N 11, DOI: 10.1088/1748-9326/ad02ae
10. Otero M, Cebrian E, Francour P, Galil B, Savini D. Monitoring marine invasive species in Mediterranean marine protected areas (MPAs): A strategy and practical guide for managers. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. 2013. Available at: <https://portals.iucn.org>
11. G. Sannino, A. Carillo, R. Iacono, E. Napolitano, M. Palma, G. Pisacane, M.V. Struglia (2022), "Modelling present and future climate in the Mediterranean Sea: a focus on sea-level change," *Climate Dynamics*, 59, 357-391.
12. S. Cappucci, A. Carillo, R. Iacono, L. Moretti, M. Palma, G. Righini, F. Antonioli, G. Sannino (2024), "Evolution of Coastal Environments under Inundation Scenarios Using an Oceanographic Model and Remote Sensing Data," *Remote Sensing*, 16, 2599.

Servizi climatici per l'area euro-mediterranea: focus sul livello del mare

I servizi climatici consentono di offrire un servizio con un potenziale valore economico e sociale molto elevato a supporto dei processi decisionali e per la messa a punto di soluzioni innovative per tutti gli operatori per i quali sia imprescindibile tenere conto del clima e dei suoi cambiamenti.

DOI 10.12910/EAI2024-051

di Roberto Iacono, Adriana Carillo, Massimiliano Palma, Alessandro Dell'Aquila, Laboratorio Modelli e Servizi Climatici - ENEA

L'interesse nei confronti della variabilità climatica e delle sue mutazioni su scala locale, negli ultimi anni, si è allargato ben oltre la comunità scientifica, per coinvolgere in maniera sempre più diretta le amministrazioni, i decisori politici e gli stakeholder locali. Il termine 'servizi climatici' assume un significato ampio: trasformare dati climatici e altre informazioni rilevanti relative al clima in prodotti adattati alle esigenze specifiche degli utenti, nonché di generale utilità per la società. I servizi climatici consentono di offrire un servizio con un potenziale valore economico e sociale molto elevato a supporto dei processi decisionali e per la messa a punto di soluzioni innovative per tutti gli operatori per i quali sia imprescindibile tenere conto del clima e dei suoi cambiamenti. Nel bacino Mediterraneo, caratterizzato dalla presenza di una popolazione costiera di milioni di persone, la variazione del livello del mare costituisce una delle variabili di maggiore interesse. Recentemente sono state implementate diverse iniziative a livello nazionale ed europeo per lo sviluppo di servizi

volti a fornire alle amministrazioni competenti e alla cittadinanza informazioni focalizzate sull'innalzamento del mare e del suo impatto.

Livello del mare osservato e proiezioni future

Il report dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2021 ^[1] riporta un tasso di crescita media del livello del mare a scala globale di circa 2.3 mm/anno per il periodo 1971-2018, che sale a 3.7 mm/anno nell'ultimo decennio. Il principale fattore di crescita è l'espansione termica, che viene calcolata con modelli globali; altri processi, quali la perdita di massa dei ghiacciai e l'aggiustamento isostatico, vengono valutati per mezzo di modelli specifici.

Nel report IPCC 2021 sono stati introdotti nuovi scenari climatici (SSP - Shared Socioeconomic Pathways) che tengono conto sia della crescita demografica ed economica che degli effetti dello sviluppo tecnologico e politico sulle emissioni future. Si basano su diverse visioni del futuro che vanno da una situazione di sviluppo sostenibile (SSP1) ad una crescita rapida basata su fonti fossili (SSP5).

Le simulazioni danno un aumento del livello globale del mare per il 2100 (rispetto al periodo di riferimento 1995-2014) che va da circa 45 cm nello scenario SSP1-2.6 (basse emissioni) a circa 77cm nello scenario SSP5-8.5 (emissioni molto alte).

La distribuzione geografica del cambiamento del livello del mare non è, però, omogenea, ma è influenzata dalla dinamica oceanica locale. Nel caso del Mar Mediterraneo i modelli globali non sono in grado di simulare correttamente la circolazione del bacino, poiché non riescono a risolvere i complessi processi, con scale dell'ordine del chilometro, che avvengono nello Stretto di Gibilterra. Ciò ha portato in ENEA allo sviluppo di modelli regionali accoppiati sulla zona Euro-Mediterranea, ad alta risoluzione, e con una componente marina capace di descrivere correttamente le dinamiche locali. Con questi modelli sono state realizzate simulazioni dell'area Euro-Mediterranea per differenti scenari di emissione, con orizzonte temporale del 2100 ^[2].

I risultati ottenuti con il nostro modello di circolazione sono riportati nella Figura 1, che mostra l'altezza mensile

del livello del mare calcolata in corrispondenza di alcuni importanti porti italiani. Si può notare che, mentre i valori medi non sono molto diversi da quelli del modello globale, la variabilità e quindi i valori estremi, importanti dal punto di vista dei rischi, sono molto più elevati nel caso delle simulazioni regionali.

Possibili applicazioni nell'area Mediterranea

La topografia costiera può essere influenzata da processi geologici, come subsidenza, tettonica, ed erosione, che avvengono su diverse scale spaziali e temporali. Per poter valutare adeguatamente i rischi locali sono quindi necessarie una conoscenza dettagliata della topografia costiera attuale, una stima attendibile della sua variazione nel tempo dovuta ai principali processi geologici, e una proiezione accurata della variazione del livello del mare nella zona adiacente.

A tal fine, è stata recentemente sviluppata in ENEA una metodologia innovativa per l'individuazione delle aree costiere a rischio di inondazione [3]. L'approccio integra su una piattaforma GIS i migliori modelli digitali delle coste italiane attualmente disponibili (2 o 5 m di dettaglio spaziale), dati costieri di elevazione forniti dai modelli oceanografici regionali ad alta risoluzione dell'ENEA, e stime del moto verticale del terreno fornite dallo European Ground Motion Service, un nuovo servizio, a scala paneuropea, che utilizza dati interferometrici di grande accuratezza e alta risoluzione raccolti da satelliti di ultima generazione (Sentinel-1) negli ultimi sei anni. Il prodotto integrato che viene fornito consiste in dettagliate mappe costiere di inondazione, a diversi orizzonti temporali.

La nuova metodologia è stata finora utilizzata in alcune piane costiere,

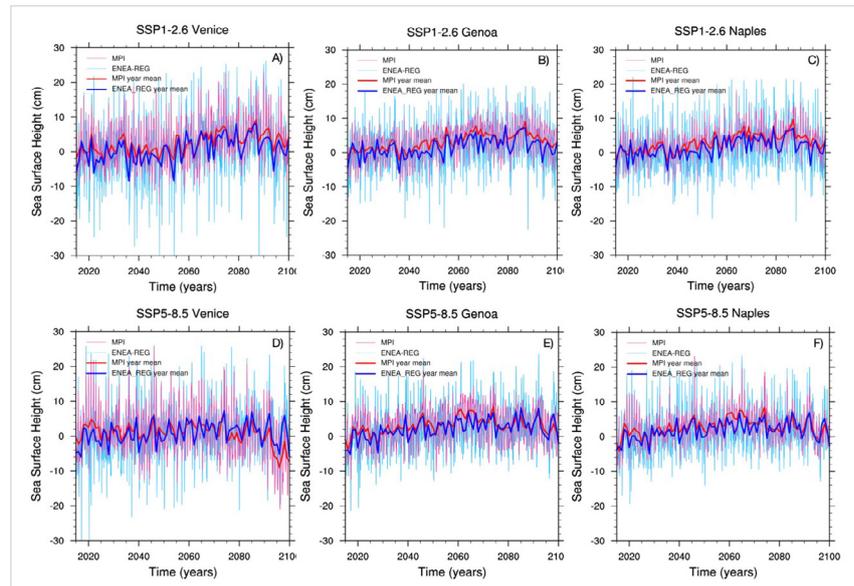


Figura 1: Andamenti del livello del mare calcolati per Venezia, Genova e Napoli con il modello globale MPI-ESM1-2-HR e con il modello regionale ENEA_REG. Valori medi mensili e annuali per lo scenario SSP1-2.6 (A, B, C) e SSP5-8.5 (D, E, F) rispetto alla media sulla simulazione del periodo storico 1995-2014.

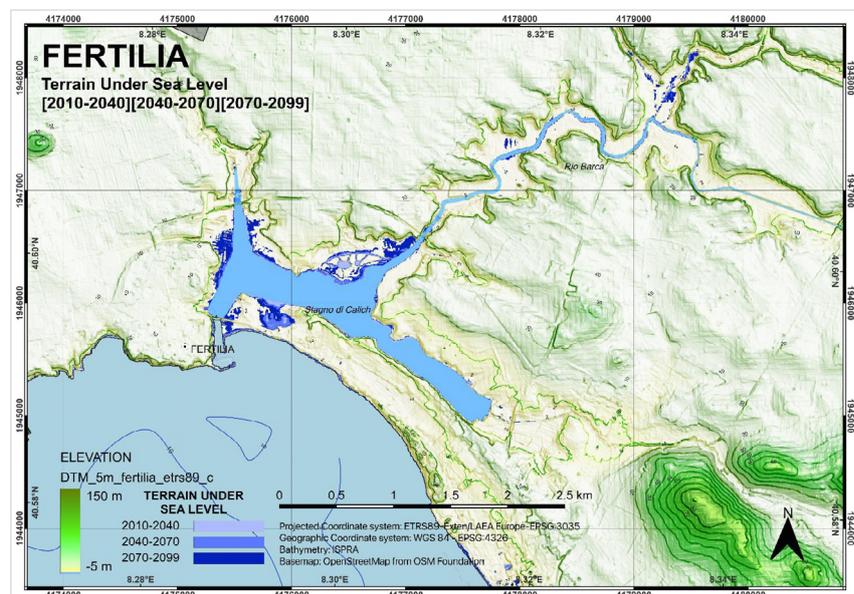


Figura 2: Mappa futura di inondazione nella regione di Fertilia (scenario SSP5-8.5), che tiene anche conto delle componenti geologiche. I tre diversi toni di azzurro indicano il progredire dell'area inondata durante i 90 anni coperti dalla simulazione.

tra cui Alghero-Fertilia (Figura 2), in Sardegna, e Marina di Campo, nell'isola d'Elba, in siti che ospitano infrastrutture portuali a rischio, e in aree

di grande rilevanza socioeconomica (Venezia, Roma) per le quali sono pervenute specifiche richieste da parte delle amministrazioni locali.

Questo prototipo di servizio climatico potrà essere costantemente migliorato nel tempo, utilizzando gli sviluppi futuri previsti per ognuna delle sue componenti, e raffinamenti dei metodi con cui l'informazione sul livello del mare viene trasferita a terra, per esempio, attraverso lo sviluppo di modelli ad altissima risoluzione della dinamica nella fascia marina costiera innestati nei modelli a scala di bacino attualmente utilizzati.

Prospettive Progettuali

Lo sviluppo di servizi climatici per la valutazione e mitigazione dei rischi connessi all'aumento del livello del mare è sostenuto in ENEA da una linea di attività di modellistica oce-

anografica di lungo termine. Nell'ultimo decennio l'accordo di programma MISE-ENEA (Ricerca di Sistema Elettrico) ha permesso lo sviluppo, la validazione e il mantenimento di un modello oceanografico operativo ad altissima risoluzione per la previsione a breve termine della circolazione mediterranea ^[4]. È stato anche sviluppato un modello analogo, a più bassa risoluzione spaziale, adatto a simulazioni oceaniche di lunga durata, per lo studio del clima presente e per la realizzazione di proiezioni climatiche pluridecennali basate sui vari scenari di emissione ^[5], i cui risultati, insieme a quelli delle simulazioni con il modello regionale accoppiato

precedentemente menzionato, sono stati e vengono utilizzati nell'ambito di diversi progetti di ricerca europei. Tra questi CoCliCo (Horizon 2020), che sta sviluppando una nuova piattaforma open source per fornire a stakeholders e decisori politici informazioni dettagliate sui rischi costieri, presenti e futuri, lungo tutte le coste europee. **L'ultimo anello di questa catena è il progetto Horizon MOIRAI, da poco approvato, che consentirà di migliorare gli attuali modelli oceanografici di tipo climatico, anche mutuando tecniche e parametrizzazioni sviluppate negli ultimi anni nel contesto della modellistica operativa.**

Per info: roberto.iacono@enea.it

Bibliografia

1. B. Fox-Kemper, H.T. Hewitt, C. Xiao, et al. (2021), "Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis." Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1211-1362
2. A. Anav, M. Antonelli, S. Calmanti, A. Carillo, F. Catalano, A. Dell'Aquila, R. Iacono, S. Marullo, E. Napolitano, M. Palma, G. Pisacane, G. Sannino, M.V. Struglia (2024), "Dynamical downscaling of CMIP6 scenarios with ENEA-REG: an impact-oriented application for the Med-CORDEX region," *Climate Dynamics*, 62, 3261-3287.
3. S. Cappucci, A. Carillo, R. Iacono, L. Moretti, M. Palma, G. Righini, F. Antonioli, G. Sannino (2024), "Evolution of Coastal Environments under Inundation Scenarios Using an Oceanographic Model and Remote Sensing Data," *Remote Sensing*, 16, 2599.
4. M. Palma, R. Iacono, G. Sanino, A. Bargagli, A. Carillo, B.M. Fekete, E. Lombardi, E. Napolitano, G. Pisacane, M.V. Struglia (2020), "Short-term, linear, and non-linear local effects of the tides on the surface dynamics in a new, high-resolution model of the Mediterranean Sea circulation," *Ocean Dynamics*, 70, 935-963.
5. G. Sannino, A. Carillo, R. Iacono, E. Napolitano, M. Palma, G. Pisacane, M.V. Struglia (2022), "Modelling present and future climate in the Mediterranean Sea: a focus on sea-level change," *Climate Dynamics*, 59, 357-391.

Materie prime critiche e strategiche e rischi del cambiamento climatico

Per materie prime critiche (CRM) si intendono quelle non alimentari e non energetiche i cui problemi di approvvigionamento, di carattere politico, commerciale e ambientale, rendono prioritario un cambio di strategia economica e un deciso sviluppo tecnologico. La normativa europea (CRM Act, 2024) indica 34 CRM (V lista) e 17 materie prime strategiche (SRM). Recenti studi hanno posto l'accento sui rischi del cambiamento climatico per l'approvvigionamento delle materie prime critiche e strategiche. Infatti, l'aumento di frequenza e intensità di eventi estremi può limitare o interrompere le forniture.

DOI 10.12910/EAI2024-052

di Daniela Claps, Roberta De Carolis, Martina Iorio, Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali - Sezione Supporto Tecnico Strategico (SSPT STS) - ENEA

Per materie prime critiche (CRM) si intendono quelle non alimentari e non energetiche i cui problemi di approvvigionamento, di carattere politico, commerciale e ambientale, rendono prioritario un cambio di strategia economica e un deciso sviluppo tecnologico. La normativa europea (CRM Act, 2024) indica 34 CRM (V lista) e 17 materie prime strategiche (SRM), individuate con il supporto di progetti finanziati dalla Commissione EU, tra cui SCRREEN¹.

Le CRM hanno importanza economica (EI) e rischio di approvvigionamento (SR) al di sopra di soglie predefinite², ove EI si riferisce alla necessità di tali materie in applicazioni ormai indispensabili per l'economia europea, mentre SR è dovuto a instabilità geopolitica o calamità naturali che caratterizzano i Paesi produttori. Le SRM sono invece quelle che, indipendentemente dalla loro criticità, hanno

rilevanza per la transizione ecologica e digitale e per la difesa e l'aerospazio³. Sia per le CRM che per le SRM si prevede la crescita della domanda nell'Unione Europea e la necessità di migliorare la resilienza dell'approvvigionamento per evitarne rallentamenti e interruzioni.

Rischio approvvigionamento non geopolitico

L'UE vuole garantire che all'aumento della domanda di materie prime corrisponda un approvvigionamento

sicuro in risposta ai rischi geopolitici che minacciano le forniture. Tuttavia, recenti studi hanno posto l'accento anche sui rischi del cambiamento climatico (IGF, 2022; GEA, 2020). Infatti, l'aumento di frequenza e intensità di eventi estremi può limitare o interrompere le forniture, quindi anche l'adattamento è strumento di resilienza della catena di fornitura (IEA, 2022).

I rischi del cambiamento climatico sono di breve o lungo periodo e possono aggravare i rischi tipici dell'e-



Immagine 1: Miniera di Baralbe (Queensland, Australia) prima e dopo l'alluvione del 2010/2011. Fonte: Queensland Floods Commission of Inquiry - Final Report (16 Marzo 2012)

¹ Progetti SCRREEN, SCRREEN2 e SCRREEN3, di cui ENEA è partner.

² Il JRC stabilisce che le materie prime sono critiche se hanno contemporaneamente $EI \geq 2,8\%$ e $SR \geq 1,0$. Per i metodi di calcolo si veda: <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/>

³ Si vedano ad esempio nichel e rame, che pur non superando la soglia di criticità definita dal JRC, rappresentano ugualmente dei materiali strategici per le loro applicazioni.

strazione primaria, laddove processi o singole fasi richiedono una certa prevedibilità delle condizioni meteorologiche (si veda, ad esempio, la gestione di impianti per l'estrazione del litio ⁴ dalle salamoie), e possono influenzare logistica e trasporto in caso di danneggiamento delle infrastrutture (GEA, 2020). Dunque, se i rischi di approvvigionamento colpiscono prevalentemente l'estrazione di materie prime vergini, c'è ragione per credere che, al momento, l'urban mining sia la strategia di resilienza con più basso rischio, sia geopolitico che ambientale, in Europa (IGF, 2022).

Approvvigionamento sostenibile di materie prime come via per l'economia circolare

L'economia circolare è un modello economico che punta a minimizzare l'utilizzo di materia prima vergine attraverso l'integrazione di considerazioni di sostenibilità ambientale nelle caratteristiche del prodotto e nei processi che si svolgono lungo l'intera catena del valore del prodotto (ecodesign) ⁵. Per questo l'approvvigionamento sostenibile di materie prime rappresenta una via imprescindibile per la transizione, come riferito anche nella Strategia Nazionale per l'Economia Circolare ⁶.

Inquadramento politico e normativo

Per quanto riguarda l'approvvigionamento resiliente di materie prime cri-

Rischi idrici per il settore estrattivo dovuti al cambiamento climatico

Le alluvioni (rischi di breve periodo) riguardano molteplici materie prime, siti estrattivi e zone climatiche a livello globale. Hanno cause differenti (scioglimento di ghiacci, piogge intense etc.) e possono provocare fuoriuscite di sostanze pericolose da pozzi minerari o deposito di rifiuti, o il cedimento di contenitori di materiali di risulta, inducendo il rallentamento o l'interruzione delle attività. Operazioni di desalinizzazione o pompaggio d'acqua per riabilitare siti allagati possono aumentare i consumi energetici, aumentando i costi di estrazione. D'altro canto, fenomeni di lungo periodo come il prosciugamento dei corsi d'acqua possono ridurre la disponibilità idrica necessaria in alcune fasi come quella del dust control. Fonte: GEI (2020)



Materie prime critiche e strategiche (in arancione) in EU. Fonte: European Council (2024)

tiche e strategiche in Europa, il nuovo Piano d'azione UE per le materie prime critiche (2020) ⁷ identifica sfide e propone strategie per diversificare le fonti primarie e secondarie, mentre il

Critical Raw Materials Act (2024) ⁸ ne istituisce il quadro normativo. Anche il più recente "Rapporto Draghi" ⁹ promuove azioni per favorire l'indipendenza europea. **L'Italia ha dato se-**

⁴ Utilizzato nelle batterie

⁵ Regolamento (UE) 2024/1781 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 giugno 2024 che stabilisce il quadro per la definizione dei requisiti di progettazione ecocompatibile per prodotti sostenibili, modifica la direttiva (UE) 2020/1828 e il regolamento (UE) 2023/1542 e abroga la direttiva 2009/125/CE.

⁶ DM 259 del 24 giugno 2022 - Adozione della Strategia nazionale per l'economia circolare

⁷ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni "Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità" COM(2020) 474 final. Bruxelles, 3.9.2020

⁸ Regolamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 aprile 2024 che istituisce un quadro atto a garantire un approvvigionamento sicuro e sostenibile di materie prime critiche e che modifica i regolamenti (UE) n. 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 e (UE) 2019/1020

⁹ M. Draghi (2024), "The Future of European Competitiveness", Part A and B, September 2024, European Commission

guito al CRM Act con il DL 84/2024¹⁰ recante disposizioni urgenti sulle materie prime critiche di interesse strategico. Inoltre, il Ministero delle Imprese e del Made in Italy¹¹, nel Libro Verde "Made in Italy 2030" ha indicato la riduzione della dipendenza dall'estero nell'importazione di materie prime - soprattutto di quelle critiche e strategiche - una priorità della politica industriale nazionale.

Iniziative nazionali per l'approvvigionamento resiliente delle materie prime

La letteratura in campo di riciclo di materie prime è molto ampia a livello internazionale, ma l'economia cir-

colare, come riportato nei paragrafi precedenti, è un modello economico che necessita di strategie onnicomprensive. In Italia, a seguito delle politiche sopra citate, sono state attivate diverse iniziative, tra le quali:

- **Tavolo Nazionale Materie Prime Critiche**, istituito presso il MIMIT¹² nel 2021 con l'obiettivo di riunire i diversi stakeholder nazionali lungo l'intera catena del valore delle CRM, del quale ENEA ha coordinato a partire dal 2022 due dei 4 Gruppi di Lavoro (GdL3 'Eco-design' e GdL4 'Urban mining');
- **Piattaforma del Fosforo**, promossa dal MASE¹³ e gestita da ENEA dal 2019 con la finalità, tra le altre, del raggiungimento dell'autosufficienza del ciclo

del fosforo su base nazionale e coordinamento con le politiche europee (si veda anche EAI 1/2023 e EAI 3/2019);

- **Comitato tecnico per le materie prime critiche e strategiche**, istituito presso il MIMIT con il DL 84/2024, con il compito, tra gli altri, di monitoraggio economico, tecnico e strategico delle catene di approvvigionamento di materie prime critiche e strategiche e delle esigenze di approvvigionamento delle imprese, e predisposizione ogni tre anni di un Piano nazionale delle materie prime critiche da sottoporre all'approvazione del Comitato Interministeriale per la programmazione economica e lo sviluppo sostenibile (CIPE).

per info: daniela.claps@enea.it

Riferimenti

- JRC – Joint Research Center (2023), "Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023", Ed. M. Grohol e C. Veeh, Publications Office of the European Union. Disponibile on line: <https://single-market-economy.ec.europa.eu/>
- GEI – German Environmental Institute (2020), "Impacts of climate change on mining, related environmental risks and raw material supply. Final report", Ed. L. Rüttinger, P.V. Ackern, T. Lepold, R. Vogt, & A. Auberger, Umweltbundesamt. Disponibile on line: www.umweltbundesamt.de
- IEA – International Energy Agency (2022), "The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions". World Energy Outlook Special Report. Disponibile on line: www.iea.org
- IGF – Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (2022), "The impacts of climate change on the mining sector", International Institute for Sustainable Development (IISD). Disponibile on line: www.iisd.org
- Ministero delle Imprese e del Made in Italy, "Made in Italy 2030 - Libro Verde sulla Politica Industriale", ottobre 2024.
- Comunicazione della Commissione del 3 settembre 2020, "Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità". COM(2020) 474 final. Bruxelles, 3.9.2020
- MiTE – Ministero della Transizione Ecologica (2022). "Strategia Nazionale per l'Economia Circolare". Giugno 2022. Disponibile on line all'indirizzo www.mase.gov.it

¹⁰ Decreto-Legge 25 giugno 2024, n. 84 (GU n.147 del 25-06-2024), convertito in legge con modificazioni dalla Legge 8 agosto 2024, n.115 (GU n. 189 del 13/08/2024)

¹¹ Made in Italy 2030 - Libro Verde sulla Politica Industriale", ottobre 2024.

¹² Ministero delle Imprese e del Made in Italy

¹³ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

Strumenti di gestione territoriale per l'adattamento al cambiamento climatico

L'articolo descrive brevemente le principali iniziative progettuali in cui è coinvolto il Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) di ENEA con riferimento all'aumento della conoscenza degli impatti del cambiamento climatico e alle proposte di soluzioni idonee su scala locale per ridurre gli effetti. All'interno di tali progettualità, il Dipartimento SSPT favorisce inoltre il dialogo tra gli stakeholder, creando un'interfaccia tra scienza, portatori di interesse (inclusi i policy makers) e comunità locali, utile all'identificazione di soluzioni condivise, efficaci, tempestive e concretamente applicabili nei diversi contesti specifici di adattamento.

DOI 10.12910/EAI2024-053

di Elisabetta Salvatori, Mattia Barsanti, Fabio Eboli, Giulio Gazzola, Michela Langone, Melania Michetti, Mihaela Mircea, Federica Pannaciuoli, Andrea Peirano, Luigi Petta, Rovena Preka, Valentina Tolaini, Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali - ENEA

I cambiamenti climatici rappresentano la sfida più grande del secolo, che sta influenzando non solo i territori e l'ambiente, ma anche le filiere produttive, l'economia ed il tessuto sociale nel suo complesso. La salute, il benessere, la sicurezza alimentare e la ricchezza delle generazioni future dipenderanno dalla nostra capacità di adattamento, che consiste nello sviluppare soluzioni e strategie per prevenire o ridurre al minimo i possibili danni. È necessario quindi implementare azioni concrete volte a ridurre l'esposizione e/o la vulnerabilità della popolazione, dei beni, delle filiere produttive, delle infrastrutture e degli ecosistemi, ai rischi specifici legati al clima, imparando inoltre a sfruttare le opportunità di sviluppo sostenibile che possono derivare da queste sfide ^[1].

Adattamento dei territori e azioni di "capacity building"

RETURN (*Multi-risk science for resilient communities under a changing climate*) è un **Partnership esteso** nell'ambito del PNRR-MUR, che sviluppa il network scientifico e rafforza la governance italiana sulla gestione integrata dei rischi ambientali. La Divisione Modelli, Osservazioni e Scenari per il Cambiamento Climatico e la Qualità dell'Aria dell'ENEA (SSPT-CLIMAR), supporta lo sviluppo di previsioni in alta risoluzione spazio-temporale di variabili future di natura climatica, meteorologica, idrologica e marina, e di indicatori di pericolosità, esposizione e vulnerabilità legati a diversi rischi climatici, input di tutte le valutazioni integrate di impatto. Inoltre, analizza barriere e presupposti dell'adattamento per identificare percorsi ottimali di gestione del rischio e delle crisi climatiche. I risultati costituiranno la base

scientifica per lo sviluppo di sistemi avanzati di supporto alle decisioni di adattamento.

Il **progetto KNOWING** (*Framework for defining climate mitigation pathways based on understanding and integrated assessment of climate impacts, adaptation strategies and societal transformation*) propone soluzioni combinate di mitigazione e adattamento con una prospettiva sistemica, che implicino una trasformazione della società. L'approccio analizza cross-dipendenze e trade-off tra i settori e propone soluzioni di lungo periodo che sfruttino sinergie possibili, al fine di ottimizzare i percorsi ed evitare situazioni di mal-adattamento. La Divisione Modelli, Osservazioni e Scenari per il Cambiamento Climatico e la Qualità dell'Aria (SSPT-CLIMAR) produce dati meteo-climatici ad alta risoluzione per l'area costiera italiana e spagnola e per il Mediterraneo e stima l'impatto

sulla mortalità prematura dovuta ad ondate di calore per città specifiche in Europa ed in Italia.

La Divisione SSPT-CLIMAR ha inoltre coordinato il **progetto LIFE VEG-GAP** (*Vegetation for Urban Green Air Quality Plans*) che ha quantificato il ruolo della vegetazione nel migliorare il microclima urbano e la qualità dell'aria, ed è stato inserito nella Piattaforma delle Conoscenze del MASE [2].

Con i **progetti "A national marine spatial plan for Vanuatu - including a network of marine protected areas" e "Strengthening Protected Area Management in the Kingdom of Tonga"**, entrambi nell'ambito di un Protocollo di

Intesa con il MASE, la Divisione Impatti Antropici e del Cambiamento Climatico sul Territorio (SSPT-IMPACT) ha sviluppato una cartografia digitale dell'ambiente marino costiero degli arcipelaghi di Vanuatu [3] e Tonga [4] (Oceano Pacifico), finalizzata ad osservare i cambiamenti ambientali e valutare la risposta di adattamento di importanti ecosistemi marini e costieri, quali le barriere coralline e i mangrovieti.

La Divisione è inoltre coinvolta nel **progetto** di cooperazione del MASE **ECOATLAS** (Assistenza tecnica per l'introduzione di tecnologie innovative e strumenti per ridurre il rischio

e la vulnerabilità e rafforzare l'adattamento al cambiamento climatico nell'ecosistema marino cubano), con attività di capacity building finalizzate alla formazione dei ricercatori cubani rispetto all'utilizzo delle tecnologie di remote sensing e GIS, e l'utilizzo di modelli ad alta risoluzione per identificare siti promettenti per l'estrazione di energia dal mare.

Ottimizzare l'uso delle risorse in una prospettiva di adattamento climatico

L'ottimizzazione dell'uso delle risorse in ottica di adattamento climatico è oggetto di diverse progettualità tra-



Figura 1: Le principali attività progettuali del Dipartimento SSPT in tema di adattamento al cambiamento climatico dei territori, incluse le azioni per ottimizzare l'uso delle risorse, e delle filiere produttive del settore agroalimentare e forestale. Fonte: elaborazione ENEA-SSPT

sversali che coinvolgono la Divisione Economia Circolare (SSPT-EC).

Il PNRR "Isole Verdi" (Misura III-C - Efficienza Idrica) supporta il Comune di Ventotene nella definizione di scenari di recupero delle acque meteoriche per ridurre la domanda di acqua potabile per usi non essenziali, anche per fronteggiarne la scarsità, ed al contempo limitare il carico sui sistemi di drenaggio e sulle reti fognarie, soprattutto durante eventi meteorologici estremi. Questo stesso tema viene affrontato anche nell'ambito del **Progetto Interreg Central Europe NiCE** (*From Niche to Centre - City Centres as Places of Circular Lifestyles*), mediante l'organizzazione, nella città di Bologna, di una serie di Urban Living Lab, per migliorare la consapevolezza degli usi e per la co-creazione di prototipi per la raccolta delle acque piovane e di sistemi di riuso dell'acqua.

Il tema del riuso delle acque depurate in agricoltura è invece affrontato nei progetti **VALUE CE-IN** (VALorizzazione di acque reflUE e fanghi in ottica di economia Circolare e simbiosi Industriale), e **INTECH4Water** (INtegrated TEChnologies for pollutants in (waste)WATERservices). Nel progetto **"CompoDoS** (Compostiera Domestica Solare) viene infine effettuato il trattamento aerobico delle matrici organiche di basso valore quali i sottoprodotti o i rifiuti umidi domestici, finalizzata alla produzione di compost a km 0, fondamentale nel combattere

il depauperamento del suolo causato sia dall'eccessivo sfruttamento che dai mutamenti climatici.

Adattamento delle filiere produttive del settore agroalimentare e forestale

In ambito agroalimentare, sono numerose le iniziative di ricerca e trasferimento tecnologico che coinvolgono la Divisione Sistemi Agroalimentari Sostenibili (SSPT-AGROS), riguardanti l'agricoltura di precisione (**progetto AGRICARE**), la conservazione e lo studio delle risorse genetiche vegetali (**progetto PRO-GRACE**), i programmi di miglioramento genetico per selezione di varietà resistenti (**progetto HARNESSTOM**).

Inoltre, la Divisione ha collaborato allo sviluppo di servizi climatici (**progetto MED-GOLD**) e di piattaforme di acquisizione di dati satellitari per fornire modellazioni previsionali e servizi per la gestione delle colture (**progetto TEBAKA**), processi di produzione e trasformazione innovativi e a minor impatto (**progetti PEFMED e PEFMED PLUS**), approcci di bioeconomia circolare rigenerativa per la miglior gestione e tutela della fertilità dei suoli (**progetti EJPSOIL e DELISOIL**) e valorizzazione di residui e sottoprodotti di diverse filiere agroalimentari (**progetto AGRITECH**).

Il **progetto ForestNavigator** (*Navigating European forests and forest bioeconomy sustainably to EU climate neutrality*) sviluppa una modellistica

integrata innovativa per guidare l'elaborazione di politiche forestali e sulla bioeconomia nell'UE, che non può prescindere dalle valutazioni monetarie dei servizi ecosistemici ricreativi e culturali per tutti gli Stati Membri, inclusa l'Italia, effettuata da SSPT-CLIMAR. Viene inoltre sviluppata una valutazione dei trade-off e delle possibili sinergie con altri servizi ecosistemici (approvvigionamento di legname, sequestro di carbonio, etc.), per identificare percorsi di gestione forestale integrata e sostenibile e promuovere la riduzione della vulnerabilità delle foreste ai cambiamenti climatici, massimizzando i benefici di servizi essenziali e minimizzando i conflitti tra diversi usi delle risorse forestali.

Infine, all'interno delle attività progettuali descritte (Figura 1), **il Dipartimento SSPT favorisce il dialogo tra gli stakeholder, creando un'interfaccia tra scienza, portatori di interesse (inclusi i policy makers) e comunità locali, utile all'identificazione di soluzioni condivise, efficaci, tempestive e concretamente applicabili nei diversi contesti specifici di adattamento**. Anche la pianificazione è fondamentale, ed ENEA contribuisce fornendo supporto ai territori, come è successo per la stesura della Strategia di Adattamento Climatico di Roma Capitale nel corso del 2024.

Per info: elisabetta.salvatori@enea.it

Bibliografia:

1. European Environment Agency, 2024. Urban adaptation in Europe: what works? Implementing climate action in European cities. Copenhagen, Denmark, 228 pp. ISBN: 978-92-9480-633-8, doi:10.2800/50996
2. <https://pdc.mite.gov.it/it/area/temi/ambiente-urbano/life-veg-gap>
3. <https://www.pubblicazioni.enea.it/le-pubblicazioni-enea/edizioni-enea/anno-2023/atlas-of-coastal-marine-habitat-republic-of-va-nuatu.html>
4. <https://www.pubblicazioni.enea.it/le-pubblicazioni-enea/edizioni-enea/anno-2023/atlas-of-marine-habitat-kingdom-of-tonga.html>

Tecnologie e sistemi intelligenti per la gestione sostenibile della risorsa idrica

La gestione sostenibile delle risorse idriche è fondamentale per l'agricoltura, il settore più idroesigente a livello nazionale, per garantire la sicurezza alimentare e mitigare la competizione per l'approvvigionamento idrico, fenomeno acuito da eventi siccitosi sempre più frequenti a causa dei cambiamenti climatici. L'adozione di pratiche agricole sostenibili, l'ottimizzazione dei consumi idrici ed energetici e l'utilizzo di fonti idriche non convenzionali, come le acque reflue depurate, sono misure indispensabili nell'ottica del Water-Energy-Food Nexus. Questo contributo descrive alcune attività ENEA in questo ambito, evidenziando l'importanza di un approccio integrato per affrontare le sfide idriche del settore agricolo.

DOI 10.12910/EAI2024-054

di Luigi Petta, Gianpaolo Sabia, Davide Mattioli, Laboratorio ENEA Tecnologie per la Gestione Circolare di Acqua e Reflui e Girolamo Di Francia, Saverio De Vito, Laboratorio ENEA Energia e Data Science - ENEA

Le interconnessioni tra il sistema idrico integrato, il sistema energetico ed il sistema agricolo – alla base del cosiddetto Water-Energy-Food (WEF) Nexus – rappresentano un aspetto cruciale da considerare nella pianificazione degli usi delle risorse al fine di garantire la sicurezza alimentare, l'efficienza e la sicurezza energetica, la sostenibilità ambientale, la competitività economica e l'innovazione tecnologica. Il comparto maggiormente idroesigente in Italia è il settore agricolo, con 11,6 miliardi di m³ di acqua prelevata e che, in base a dati Istat 2014 (ISTAT 2014, 6° Censimento Generale dell'Agricoltura Utilizzo della Risorsa Idrica a fini Irrigui in agricoltura ISBN: 978-88-458-1805-9), nel periodo 2015-2019 ha costituito in media il 56% del fabbisogno idrico totale, ponendo in evidenza il tema della efficienza d'uso e della compatibilità con i fabbisogni idrici per gli altri usi.

Il caso dell'impiego dell'acqua in ambito agricolo per scopi irrigui appare da questo punto di vista emblematico: più fonti riportano che questo settore consuma oltre il 70% dell'acqua utilizzabile per irrigare solo il 25% delle terre arabili, il che lascia intravedere notevoli margini per l'efficiamento dei processi, in particolare per la digitalizzazione ed il controllo dei consumi idrici ed energetici.

Fenomeni competitivi per l'approvvigionamento della risorsa idrica

D'altro canto, fenomeni competitivi per l'approvvigionamento della risorsa idrica si presentano in particolare in concomitanza di prolungati eventi siccitosi, la cui frequenza è aumentata negli ultimi decenni, come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto. Diviene quindi essenziale ricorrere a sistemi sostenibili di gestione della risorsa in ambito agrico-

lo, in termini di fabbisogni energetici e di risparmio di risorse, che includono mini-stoccaggi idrici ed il ricorso a fonti idriche non convenzionali come i reflui depurati, congiuntamente all'applicazione di pratiche agricole sostenibili.

La pratica del riutilizzo degli effluenti depurati viene normata dal recente Regolamento (UE) 741/2020 e richiamata dalla nuova Direttiva (UE) 2024/3019 sul trattamento delle acque reflue urbane. Gli impianti di depurazione si vanno quindi a configurare come veri e propri "processi produttivi" in grado di garantire risorsa idrica riutilizzabile, con volumi pressoché costanti nel tempo e con un livello di qualità 'fit-for-purpose', cioè modulabile in base alle effettive esigenze d'uso.

In termini quantitativi, il potenziale di recupero di acque reflue trattate in Italia è dell'ordine di circa 5,9 mld m³/anno considerando gli impianti di

potenzialità superiore a 2.000 A.E. (circa 4,2 mld m³/anno considerando i soli impianti con capacità superiore a 10.000 A.E. e con livello di trattamento superiore al secondario ^[1].

Per consentire il riutilizzo in sicurezza, gli impianti di depurazione sono chiamati a rispondere a nuove sfide in termini di adeguamento tecnologico con l'introduzione di processi in grado di garantire anche la rimozione di microinquinanti emergenti.

Tali esigenze di adeguamento si aggiungono agli altri fabbisogni imposti dal nuovo contesto normativo per il settore depurativo, che tra l'altro dovrà garantire il collettamento ed il trattamento degli agglomerati minori (superiori ai 1.000 A.E.), il recupero di materie prime seconde dalle acque reflue ed il miglioramento dell'efficienza energetica fino al conseguimento della neutralità entro il 2045, secondo specifiche scadenze temporali.

Per rispondere alle esigenze di efficientamento delle tecniche irrigue e fornire una risposta ai nuovi fabbisogni depurativi ed alle sfide tecniche e gestionali per favorire il riutilizzo agricolo delle acque reflue depurate, si rende necessaria la valutazione e l'introduzione di nuove metodologie, tecnologie e sistemi di supporto agli operatori del settore. ENEA è particolarmente impegnata su questi fronti in virtù di diverse attività di ricerca molte delle quali in collaborazione con diversi gestori di impianti di depurazione.

Le attività dell'ENEA

Per quanto riguarda l'efficientamento dei processi irrigui, ENEA conduce attività di ricerca nell'ambito del Piano Triennale della Ricerca Sistema Elettrico 2025-27, Progetto Risorse Idriche e Sistema Energetico finalizzato alla costruzione di un modello del campo agricolo dal punto di vista

del fabbisogno idrico (digital twin, ^[2]) per mantenere la specifica coltura in condizioni di crescita ottimali. Il modello viene realizzato grazie ad una rete di sensori IoT, già oggi utilizzati in ambito agricolo (e.g. sensori di umidità del suolo, come rappresentato in Figura 1, ^[3]).

La mappa così prodotta è inviata ad un sistema di gestione (DSS, Decision supporting System) che confronta lo stato del terreno digitalmente ricreato con le previsioni metereologiche per lo specifico luogo stabilendo se e quando, eventualmente, sia necessario procedere alla irrigazione della coltura. Il sistema di pompaggio asservito al processo agricolo viene quindi attivato nel momento prestabilito, ottimizzando il processo di irrigazione per il corretto ristabilimento dei livelli di acqua nel suolo.

Questo processo è particolarmente virtuoso se la fonte di energia utilizzata è di tipo rinnovabile (e.g. impianto fotovoltaico tradizionale o galleggiante), con la possibilità di immissione in rete dell'energia prodotta e non impiegata per gli scopi irrigui. Ulteriori

margini di ottimizzazione sono rappresentati dalla possibilità di scelta del periodo temporale più favorevole per la vendita alla rete elettrica per massimizzare la rendita del gestore dell'impianto.

Nel caso di sistemi PV flottanti su bacini idrici va inoltre considerato il vantaggio rappresentato dalle minori perdite per evapotraspirazione dai bacini stessi che possono ridursi anche del 40% consentendo un contestuale risparmio di acqua per il processo agricolo.

Come facilmente intuibile, il sistema qui descritto in versione semplificata può essere integrato introducendo nuovi parametri di misura e nuove grandezze da monitorare corrispondenti ai sottosistemi che compongono l'ecosistema W/E/F localmente: ciascuna rete di sensori fornirà un ulteriore layer di conoscenza al sistema DSS, contribuendo all'ottimizzazione del processo di irrigazione e di crescita delle colture, garantendo l'efficienza energetica e la salvaguardia della risorsa idrica, con risparmi anche superiori al 70% ^[4].

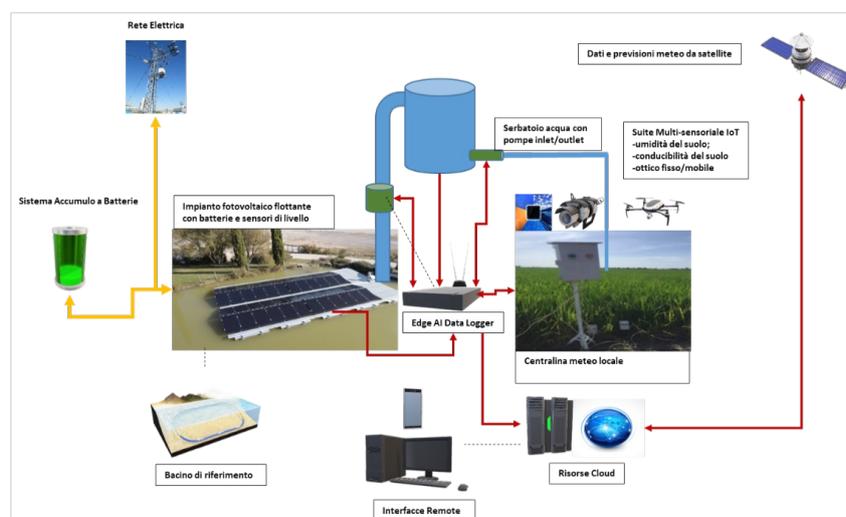


Figura 1: In questo sistema di irrigazione smart, la rete di nodi sensoriali nel campo coltivato guida l'irrigazione del campo a seconda delle necessità. Ciò comporta un notevole risparmio idrico di acqua utilizzabile anche per altri usi e, al contempo, un significativo risparmio di energia elettrica.

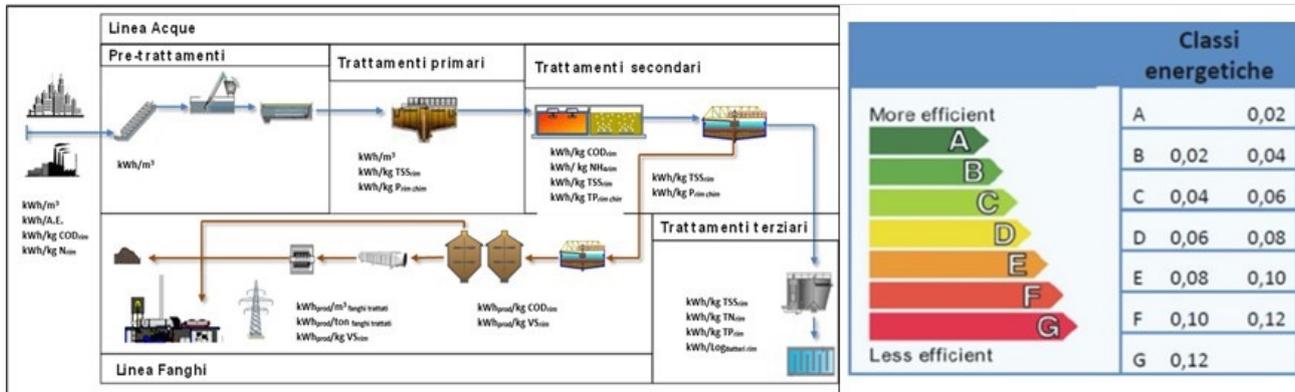


Figura 2: Nella parte sinistra si rappresenta un tipico schema di impianto di depurazione, suddiviso in sezioni di trattamento, riportando gli indicatori di performance energetica (KPI) riferiti all'intero impianto e alle singole sezioni. A destra, i criteri per l'attribuzione delle classi energetiche sulla base di un indice sintetico (GEI, Global Efficiency Index) sviluppato da ENEA.

Valutare l'efficienza energetica degli impianti di depurazione

Per quanto concerne il tema del riuso, sono tuttora in corso **attività in collaborazione con il Gruppo HERA finalizzate alla messa a punto di un sistema per il monitoraggio on-line della qualità degli effluenti depurati in relazione ai parametri previsti dal Reg. (UE) 741/2020 e della carica microbiologica (*E. coli*)**, presso l'impianto di depurazione di Cesena. Le attività sono state avviate nell'ambito del progetto VALUE CE-IN (POR-FESR 2014-2020) e proseguono **nell'ambito dei progetti Ecosister (PNRR EI - Mis-**

sione 4 Componente 2 Investimento 1.5) ed Intech4Water (PR-FESR 2021-2027).

Analogamente, nell'ambito delle attività di ricerca previste dalla Ricerca di Sistema Elettrico (PTR 2022-24 ma anche nel successivo PTR 2025-27), **sono state e verranno indagate tecnologie di trattamento quaternario in grado di garantire i necessari rendimenti di rimozione dei microinquinanti emergenti**, garantendo al contempo la sostenibilità e l'ottimizzazione energetica dei processi. Nello stesso ambito progettuale, inoltre, si sta provvedendo alla **definizione e messa a punto di un approccio per**

la valutazione dell'efficienza energetica degli impianti di depurazione (rappresentato in Figura 2), la loro classificazione e l'individuazione, mediante l'uso di modelli matematici di simulazione delle linee di trattamento impiantistico, di possibili scenari di ottimizzazione [5], [6], [7], [8]. Le misure di intervento sugli impianti includono anche l'opzione, prevista dal nuovo contesto normativo in divenire, di coniugare le loro esigenze gestionali ed operative con gli obiettivi di neutralità energetica, mediante schemi di produzione di energia rinnovabile off-site.

per info: luigi.petta@enea.it

Riferimenti Bibliografici:

1. Waterbase UWWTD - data call 2021 <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/6244937d-1c2c-47f5-bdf1-33ca01ff1715>.
2. Warren Purcell, Thomas Neubauer, Digital Twins in Agriculture: A State-of-the-art review, Smart Agricultural Technology, Volume 3, 2023, 100094, ISSN 2772-3755, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100094>.
3. Dhanaraju, M.; Chenniappan, P.; Ramalingam, K.; Pazhanivelan, S.; Kaliaperumal, R. Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. Agriculture 2022, 12, 1745. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
4. Cáceres, G.; Millán, P.; Pereira, M.; Lozano, D. Smart Farm Irrigation: Model Predictive Control for Economic Optimal Irrigation in Agriculture. Agronomy 2021, 11, 1810. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091810>.
5. Mattioli D., Giuliano A., Sabia G., Petta L., Di Fabio S., Granieri M., Nuzzi R., Farina R. (2021). Sviluppo di strumenti e prototipi per l'efficientamento di impianti di depurazione. Report RdS/PTR2021/185
6. Mattioli D., A. Giuliano, G. Sabia, L. Petta, M. Ferraris, M. Granieri, R. Nuzzi, M. Langone, (2021). Efficientamento energetico di impianti di depurazione in ottica di economia circolare. Report RdS/PTR/2020/096
7. Cellamare C., Giuliano A., Granieri M., Guzzinati R., Mattioli D., Nuzzi R., Petta L., Sabia G., (2019). Metodi per la caratterizzazione energetica degli impianti di depurazione e sviluppo di un sistema innovativo per l'autoproduzione energetica. Report RdS/PTR2019/072
8. Sabia G., Petta L., Avolio F., Caporossi E., (2020). Energy saving in wastewater treatment plants: A methodology based on common key performance indicators for the evaluation of plant energy performance, classification and benchmarking. Energy Conversion and Management, 220, 113067, doi: 10.1016/j.enconman.2020.113067, ISSN: 01968904

Impatti delle fonti rinnovabili nei territori: fotovoltaico, agrivoltaico ed eolico

La sfida di integrare al meglio le rinnovabili emergenti nei territori passa sia dagli sviluppi tecnologici che aprono nuove prospettive, sia dall'adozione dell'approccio "tailor made" che richiede modalità di progettazione innovative e la condivisione degli obiettivi e dei benefici con gli stakeholder locali affinché gli obiettivi europei e nazionali, sia di mitigazione che di adattamento, siano raggiunti generando sviluppo nei territori che li ospiteranno.

DOI 10.12910/EAI2024-055

di Federica Colucci, Sonia Manzo, Luisa Parrella, Simona Schiavo, Nicola Colonna, Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Antonio Donatelli, Dipartimento Tecnologie energetiche e fonti rinnovabili-ENEA

Nell'ambito degli obiettivi fissati dalla comunità internazionale le fonti di energia rinnovabile hanno un ruolo centrale al fine di assicurare la decarbonizzazione dei sistemi produttivi. Gli obiettivi europei di riduzione delle emissioni di gas climalteranti al 2030 sono centrati su un significativo incremento delle fonti energetiche rinnovabili nel mix energetico di ogni paese membro, in particolare di fonti quali il solare fotovoltaico (FV) e l'eolico, e sulle misure di efficienza energetica. REpowerEU, l'ultimo piano europeo, nato dalla spinta della crisi Ucraina, prevede che le rinnovabili abbiano un peso del 45% al 2030 sui consumi lordi di energia e che la sola potenza installata di fotovoltaico in Europa raggiunga i 600 GW.

Nel nostro Paese, il documento di riferimento per le politiche energetiche è il PNIEC (Piano Nazionale Integrato Energia e Clima) che ha fissato obiettivi al 2025 e al 2030 per

ogni tipologia di fonte rinnovabile, con lo scopo di raggiungere un tasso di penetrazione delle rinnovabili del 39,4% nel 2030 sui consumi finali lordi di energia¹.

In questo contesto, il PNRR ha posto in essere "Misure" e "Componenti" allineate con gli obiettivi europei favorendo lo sviluppo e la diffusione di alcune delle rinnovabili chiave.

Questa evoluzione recente delle strategie energetiche e delle relative politiche attuative si è riflessa nel nostro Paese in un incremento significativo degli investimenti nel settore e nell'aumento delle richieste di autorizzazione per la realizzazione e connessione di impianti FER¹ che hanno sollevato, in alcuni territori, preoccupazioni ed opposizioni e la scelta di alcune amministrazioni regionali di porre in essere moratorie sui progetti portando ad un rallentamento dei processi autorizzativi.

Tre soluzioni tecnologiche: Integrare mitigazione e adattamento

Il modello di produzione di energia distribuita, intrinsecamente connesso allo sviluppo delle rinnovabili, implica una ampia diffusione degli impianti FER in tutto il Paese e l'interessamento anche di aree di pregio dove le infrastrutture connesse alle FER potenzialmente impattano sul modello di sviluppo locale fondato, ad esempio, sul turismo connesso ai valori del paesaggio e sui prodotti enogastronomici tipici.

D'altra parte, la necessità di sviluppare le FER, in luoghi vicini a dove preesistono le reti elettriche per la trasmissione dell'energia prodotta, ha portato molti investitori a proporre gli impianti in aree estremamente ristrette, come è successo ad esempio nel Lazio, suscitando la protesta delle popolazioni locali rispetto all'uso del suolo e alla trasformazione del paesaggio.

¹ Econnexion, Terna. <https://www.terna.it/en/electric-system/efficient-territorial-planning/econnexion>

È quindi necessario porsi la domanda di quanto uno sviluppo delle FER, in accordo con gli obiettivi al 2030 e al 2050, possa impattare sui territori da differenti punti di vista. Assumendo che l'impatto ambientale "classico" (es. emissioni in aria, sul ciclo delle acque) sia poco rilevante o trascurabile, se comparato a quello delle centrali termoelettriche, è necessario porre sotto la lente altri elementi di impatto rilevanti e nello stesso tempo connettere questa analisi al tema delle strategie di adattamento, considerando che **le FER sono centrali negli obiettivi di mitigazione.**

In questa breve disamina, evidenziamo alcune peculiarità ed opportunità di tre soluzioni tecnologiche rinnovabili - agrivoltaico, eolico, FV flottante - e di come queste si possano integrare nei territori modificandone gli assetti paesaggistici ma anche fornendo servizi ai territori stessi o alle loro produzioni e come l'unica modalità possibile per **approcciare lo sviluppo delle rinnovabili atteso sia quella di una visione multidisciplinare e multiscopo** dove mitigazione e adattamento siano integrate.

L'agrivoltaico

I sistemi agrivoltaici sono dei sistemi ibridi costituiti da un sistema fotovoltaico e da un sistema agricolo che svolgono una prestazione integrata e multifunzionale con produzione energetica e agricola. L'agrivoltaico prevede quindi un uso combinato del suolo con diversi livelli di integrazione. I livelli di integrazione e di sinergia dipendono dalla tipologia di configurazione. Nelle *Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici*² sono definite tre principali tipologie di sistemi agri-

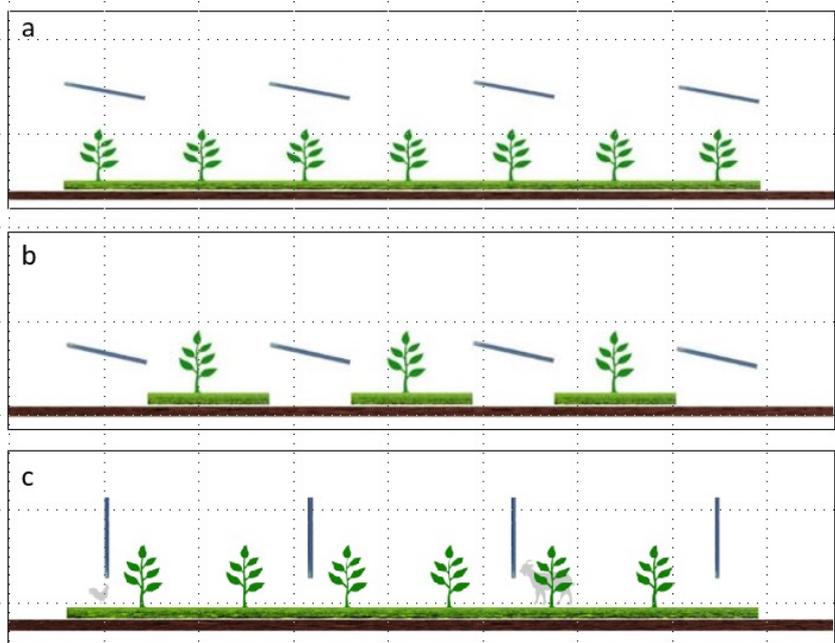


Figura 1: Principali tipologie di sistemi agrivoltaici con diversi livelli di integrazione tra coltivazioni e moduli. Fonte: *Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici*, MASE, giugno 2022

voltaici (Figura 1): a) l'attività agricola avviene tra le file dei moduli fotovoltaici e sotto di essi; b) l'attività agricola avviene esclusivamente tra le file dei moduli fotovoltaici; c) l'attività agricola avviene tra le file dei moduli fotovoltaici disposti verticalmente. La configurazione "a" prevede un uso duale del suolo e un'azione sinergica tra i due sistemi; la "b" prevede un uso combinato del suolo; la "c" prevede un uso combinato del suolo e un'altezza dei moduli fotovoltaici idonea al passaggio di animali e fauna selvatica.

La misura del PNRR "Sviluppo agrivoltaico" conclusa nei primi giorni di settembre 2024³, finanzia progetti che prevedono l'installazione di sistemi agrivoltaici avanzati che consentono la continuità dell'attività agricola e/o zootecnica anche al

di sotto dei moduli fotovoltaici e che massimizzano la sinergia tra i due sistemi, nel rispetto di specifici requisiti tecnici. Sinergia che si declina nei seguenti ambiti: maggiore efficienza dell'utilizzo del suolo con la produzione di energia e cibo e nell'utilizzo dell'acqua con riduzione del consumo idrico e recupero delle acque piovane, riduzione dell'evapotraspirazione; difesa delle colture da eventi meteorologici estremi; stabilizzazione delle rese agricole; incremento del benessere animale allevato; diversificazione del reddito agrario; miglioramento della sostenibilità dell'azienda in termini di gestione delle risorse, autoconsumo dell'energia, decarbonizzazione e opportunità di elettrificazione e di innovazione di alcuni processi; effetto *cooling* sulla super-

² Realizzate nell'ambito di un gruppo di lavoro coordinato dal MASE (ex Ministero della transizione ecologica) e composto da CREA, GSE, ENEA e RSE

³ La misura del PNRR "Sviluppo agrivoltaico" si è chiusa con 643 progetti e richieste di finanziamento per 920 milioni di euro su 1,1 miliardi di risorse dedicate alla misura

ficie dei moduli con miglioramento delle prestazioni energetiche. Inoltre, l'agrivoltaico essendo un aggregatore di tecnologie, di conoscenze, di innovazione può quindi promuovere lo sviluppo di nuove competenze e professionalità, con importanti ricadute nei territori legate non solo alla produzione energetica e agricola e alla riqualificazione delle aziende, ma anche alla formazione di nuove figure professionali e all'aggiornamento di quelle già presenti.

Dal 2021 ENEA, con l'istituzione di una Task force @Agrivoltaico Sostenibile e con la successiva presidenza dell'Associazione Italiana Agrivoltaico Sostenibile⁴, promuove una visione multidisciplinare e sostenibile dell'agrivoltaico che intende integrare tre dimensioni: paesaggio, energia, agricoltura. L'integrazione di queste tre dimensioni può contribuire alla trasformazione sostenibile dei territori, del paesaggio attraverso progetti e azioni "sartoriali" cioè specifici per i diversi contesti del nostro Paese e allo sviluppo di un'agricoltura innovativa, resiliente e sostenibile.

L'eolico

La tecnologia eolica contribuisce in maniera significativa al processo di decarbonizzazione della produzione energetica globale, con emissioni di CO₂⁵ pari a 11 g CO₂/kWh e fino a 90 volte più basse di quella del carbone. La combinazione di scenari di energia eolica installata su scala globale e scenari climatici consente di stimare un contributo alla mitigazione dei cambiamenti climatici quantificabile nella riduzione fino a 0,64 °C entro la fine del secolo (**scenario NZE e scenario Shared Socioeconomic Pathway SSP3-7.0**)^[2]. Mentre da un lato i vantaggi di natura ambientale

sono più che evidenti e irrefutabili, restano tuttora oggetto di studio altri elementi come la ricaduta sui territori e gli impatti sugli ecosistemi terrestri e marino. Uno degli elementi più dibattuti è legato all'accettazione da parte di cittadini. **L'Italia non fa eccezione in tal senso e la costruzione di impianti eolici continua a dividere le comunità locali e a suscitare dibattiti accesi per via di preoccupazioni sul deturpamento del paesaggio naturale e culturale e dei rischi di impatti per gli uccelli migratori.** Ciononostante, esempi virtuosi di installazioni in grado di valorizzare il territorio presenti nel nostro Paese includono:

i) Progetto Castiglione (Umbria): primo progetto di Comunità Energetica Rinnovabile (CER) alimentata da impianto eolico tra le colline eugubine e che vedrà la partecipazione attiva della cittadinanza. Si candida come modello replicabile in altre realtà locali.

ii) Parco Tocco di Vento (Abruzzo) che nasce da una modernizzazione della prima centrale eolica nata in Italia e la sua storia viene citata nel New York Times^[3] come esempio virtuoso di transizione energetica.

iii) Parco di Rivoli Veronese (Trentino-Alto Adige) che si caratterizza per la sua enorme biodiversità.

iv) Parco eolico Cinquestelle (Liguria), considerato tra i parchi eolici più innovativi, grazie alla sua perfetta armonia tra impianti e tutela ambientale.

Doveroso è infine un breve riferimento alla tecnologia dell'eolico offshore, di ampia potenzialità in un Paese come il nostro che conta oltre 7.900 km di costa. Il suo sviluppo implica la crescita di capacità produttiva di diversi settori industriali: cantieristica, infrastrutture portuali, piattaforme galleggianti con la conseguente formazione di nuova occupazione. Si

stima difatti che entro il 2050 il settore dell'eolico offshore possa generare fino a 27.000 nuovi posti di lavoro in Italia^[4].

Il fotovoltaico flottante

Gli impianti fotovoltaici flottanti rappresentano una promettente applicazione del fotovoltaico che sta ottenendo crescente attenzione come soluzione sostenibile per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili^[5]. La disposizione dei pannelli FV su strutture galleggianti installate in specchi d'acqua come invasi artificiali, canali d'irrigazione, bacini di sedimentazione o aree costiere con ridotto idrodinamismo, consente un'ottimizzazione dello spazio, riducendo i conflitti tra diversi usi del suolo (ad esempio, l'agricoltura o la silvicoltura). Inoltre, gli impianti FV flottanti possono contribuire a ridurre l'evaporazione nei bacini idrici, favorendo la conservazione dell'acqua, particolarmente rilevante in aree dove la scarsità idrica rappresenta una problematica significativa^[6]. Tuttavia, l'installazione di pannelli FV flottanti può avere impatti sugli ecosistemi acquatici, sia diretti che indiretti, a breve e a lungo termine. Tra i principali svantaggi associati a questa tecnologia vi sono considerazioni di natura estetica e paesaggistica, la riduzione dell'accessibilità e delle opportunità ricreative presso laghi e corpi idrici. Inoltre, le strutture galleggianti possono influenzare la qualità dell'acqua, alterando il bilancio termico, causando deficit di ossigeno e favorendo la dispersione di microinquinanti ed inquinanti emergenti. Questi impianti possono anche **modificare il regime idrodinamico del sistema acquatico e influire negativamente sulla biodiversità**, ad esem-

⁴ AIAS: <https://www.associazioneitalianagrivoltaicosostenibile.com/lAssociazione/>

⁵ Considerando l'intero ciclo di vita di un impianto eolico, che include la produzione e costruzione degli impianti, le attività operative e di manutenzione fino alla dismissione

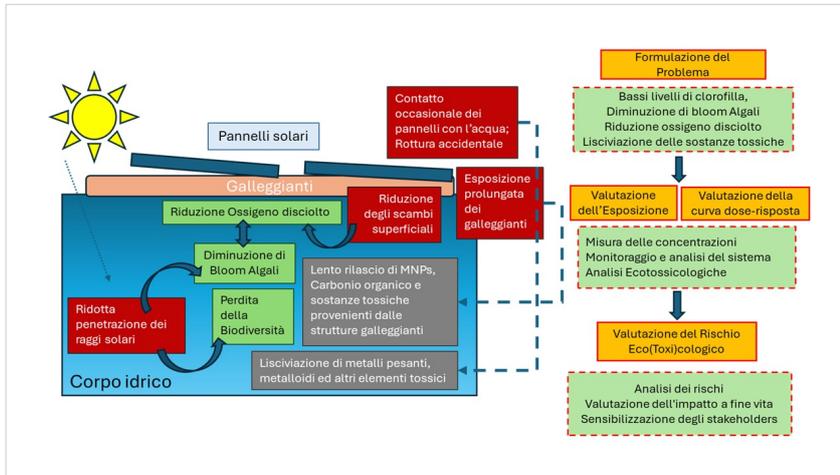


Figura 2: Impatti di impianti FV flottanti sui sistemi acquatici e diagramma di valutazione dei rischi.

pio attraverso l'ombreggiamento o la movimentazione del fondale [7]. **Attualmente, la realizzazione di impianti FV flottanti rappresenta una sfida in termini di valutazione degli impatti ambientali.** In Italia, esistono solo pochi esempi di impianti di ridotte dimensioni (come l'impianto di Bubano ad Imola e l'impianto di Petra Winery a Suvereto, Livorno) e mancano dati sufficienti per identificare gli effetti a lungo termine sulla qualità delle acque e sugli ecosistemi.

Pertanto, è cruciale **sviluppare siste-**

mi di monitoraggio della qualità delle acque e dei potenziali rischi per gli ecosistemi, al fine di valutare gli impatti sia prima che dopo l'installazione e durante l'esercizio degli impianti (Figura 2). Sarebbe inoltre opportuno condurre valutazioni preventive sul possibile rilascio di contaminanti dai corpi di ancoraggio, considerando i cambiamenti nei parametri fisico-chimici dovuti all'installazione, in un'ottica di sostenibilità ambientale dei materiali utilizzati.

Conclusioni

Ognuna delle tre soluzioni esaminate ha specificità proprie da cui discendono opportunità e criticità differenti. **Nel caso di agrivoltaico e FV flottante ci troviamo di fronte a soluzioni nuove per il nostro Paese e per tale motivo meritano un approfondimento di ricerca specifico al fine di identificare e promuovere i modelli di integrazioni migliori nei differenti contesti produttivi e territoriali. Analogο discorso può essere fatto per l'eolico offshore che ha però una ampia casistica fuori dei nostri confini.** La sfida di integrare al meglio le rinnovabili emergenti nei territori passa sia dagli sviluppi tecnologici, che aprono nuove prospettive, sia dall'adozione dell'approccio "tailor made" (vestito su misura) che richiede modalità di progettazione innovative e la condivisione degli obiettivi e dei benefici con gli stakeholder locali affinché gli obiettivi europei e nazionali, sia di mitigazione che di adattamento, siano raggiunti generando sviluppo nei territori che li ospiteranno.

Per info: nicola.colonna@enea.it

Riferimenti bibliografici

1. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2024). Piano Nazionale integrato per l'Energia ed il Clima. Giugno 2024.
2. Long, Y., Chen, Y., Xu, C., Li, Z., Liu, Y., Wang, H. (2023). The role of global installed wind energy in mitigating CO₂ emission and temperature rising, *Journal of Cleaner Production*, 423, 138778.
3. Rosenthal, E. (2010). Ancient Italian Town Now Has Wind at Its Back, *The New York Times*, (Sept. 29, 2010), <https://www.nytimes.com/2010/09/29/science/earth/29fossil.html>.
4. AA.VV. (2024). Eolico offshore galleggiante: opportunità nel percorso di decarbonizzazione e ricadute industriali per l'Italia, *The European House - Ambrosetti*
5. Bax, V., van de Lageweg, W. I., Hoosemans, R., and van den Berg, B. (2023). Floating photovoltaic pilot project at the Oostvoornse lake: Assessment of the water quality effects of three different system designs. *Energy Reports*, 9, 1415-1425.
6. Pimentel Da Silva, G. D., and Branco, D. A. C. (2018). Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 36(5), 390-400.
7. Essak, L., and Ghosh, A. (2022). Floating photovoltaics: A review. *Clean Technologies*, 4(3), 752-769.

L'adattamento al cambiamento climatico delle filiere agroalimentari

Interventi, sfide e opportunità che il settore agroalimentare deve affrontare e gestire tra impatti, adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici. Nella valutazione di impatti e rischi, e nell'individuazione delle migliori strategie di mitigazione e di adattamento per il settore agroalimentare occorre essere consapevoli della sua complessità e degli equilibri e rapporti che mantiene con i contesti naturali e produttivi da cui dipende. Pur nella drammaticità di alcuni fenomeni sotto gli occhi di tutti, disponiamo, grazie alla ricerca e all'innovazione, di un ampio portafoglio di azioni e strumenti per mitigare gli impatti e aumentare la capacità delle filiere agroalimentari di adattarsi.

DOI 10.12910/EAI2024-056

di Valentina Tolaini, Nicola Colonna, Massimo Iannetta, Divisione Sistemi Agroalimentari Sostenibili - ENEA

Tra i settori produttivi, quello agroalimentare (settore ittico compreso) è l'unico che riveste un triplice ruolo nei confronti dei cambiamenti climatici: da un lato ne subisce in modo diretto gli effetti, con alterazione di cicli produttivi e diminuzione delle rese di piante e di animali, dall'altro è invece parte attiva del processo, immettendo gas-climalteranti in atmosfera a causa degli allevamenti zootecnici, dell'uso di trattori e macchinari e degli impianti di trasformazione. Ma è anche l'unico che contribuisce alla mitigazione tramite l'assorbimento del carbonio da parte delle piante e il suo stoccaggio nella biomassa e nei suoli. Siamo oggi testimoni di fenomeni acuti ed improvvisi (precipitazioni intense, grandinate, alluvioni, frane) che colpiscono i nostri territori con frequenza maggiore rispetto al passato, e di fenomeni ricorrenti, subacuti, e che stanno divenendo cronici, quali lunghi periodi di alte temperature e prolungata assenza di precipitazioni in aree sempre più estese del paese che impongono una

valutazione degli impatti e dei rischi per la sicurezza alimentare.

Nella valutazione di impatti e rischi, e nell'individuazione delle migliori strategie di mitigazione e di adattamento da adottare per il settore agroalimentare occorre essere consapevoli della complessità dello stesso (eterogeneità di condizioni pedoclimatiche, di processi produttivi e di trasformazione) e degli equilibri e rapporti che esso mantiene con i contesti naturali e produttivi da cui dipende. Fondamentale nella definizione degli interventi da adottare è la stretta collaborazione tra addetti del settore, decisori politici, mondo della ricerca, comunità locali, in modo tale da proporre e attuare strategie condivise e partecipate.

Impatti del settore agroalimentare sui cambiamenti climatici

Il settore agroalimentare genera circa il 21-37% delle emissioni di gas climalteranti (anidride carbonica, metano, protossido di azoto). Tali emissioni sono legate alle varie fasi dell'intera filiera produttiva, dalla col-

tivazione e utilizzo del suolo e dall'allevamento, allo stoccaggio, trasporto, trasformazione, confezionamento, distribuzione, fino al consumo e allo spreco alimentare (Tab.1). L'elevato grado di variabilità dei valori è legato alla limitata disponibilità e all'incertezza dei dati, nonché all'utilizzo di diversi metodi di stima applicati.

Impatti dei cambiamenti climatici sulle filiere agroalimentari

I cambiamenti climatici influenzano e modificano le filiere agroalimentari comportando rischi per l'agroecosistema, per i sistemi produttivi e per la sicurezza alimentare (disponibilità e accesso al cibo, aumento dei prezzi). A causa dell'eterogeneità e complessità del settore, non è facile categorizzare e sistematizzare la lunga lista di impatti, diretti (es., variazione della lunghezza del ciclo di crescita delle piante, rese produttive, qualità dei prodotti, variazione degli areali) ed indiretti (es. alterazione della disponibilità di risorse idriche, diffusione di patologie e parassiti), che le filiere agroalimentari subiscono a

Fasi della filiera agroalimentare	Emissioni (Gt CO ₂ eq/anno)	Percentuale sul totale delle emissioni antropiche
Agricoltura	6,2 ± 1,4	10-14%
Uso del suolo	4,9 ± 2,5	5-14%
Logistica, trasformazione, consumo	2,6 - 5,2	5-10%
Settore agroalimentare (totale)	10,8 - 19,1	21-37%

Tabella 1 - Emissioni di gas-climalteranti (Gt CO₂ eq/anno) del settore agroalimentare e loro contributo (%) alle emissioni antropiche. Media del periodo 2007-2016. Fonte: IPCC, 2019 [1].

causa dell'incremento della frequenza e dell'intensità di eventi climatici estremi, come temperature più elevate, lunghi periodi siccitosi o picchi di precipitazioni.

Le fasi primarie, coltivazione e allevamento, sono sicuramente le più esposte a tali eventi ed è quindi sulle componenti della produzione a monte della filiera che è più urgente intervenire, ponendo in essere azioni preventive tese a evitare o limitare gli effetti dannosi.

Se da una parte approfondire gli impatti quantificandone l'estensione, l'intensità e i danni economici conseguenti è tema di ricerca importante, appare oggi urgente e non procrastinabile mettere in atto azioni di prevenzione e mitigazione degli impatti perché gli eventi verificatisi negli ultimi anni, con una frequenza mai registrata prima, ci hanno dimostrato che quanto descrivevamo solo pochi anni fa come scenario [2] oggi è, purtroppo, concreta realtà. Basti pensare, ad esempio, alle due recenti alluvioni che hanno colpito l'Emilia Romagna a distanza di 16 mesi (maggio 2023 e settembre 2024) compromettendo gran parte della produzione di frutta, ed alle estati più calde dell'ultimo secolo registrate consecutivamente negli ultimi due anni.

Azioni di mitigazione e adattamento

Pur nella drammaticità di alcuni fenomeni sotto gli occhi di tutti, disponiamo, grazie alla ricerca e all'innovazione, di un ampio portafoglio di azioni e strumenti per mitigare gli impatti e aumentare la capacità delle filiere agroalimentari di adattarsi.

Da un lato conosciamo le relazioni di causa-effetto per capire dove e quando intervenire, dall'altra gli avanzamenti della conoscenza in diverse discipline ci mettono a disposizione strumenti preziosi, nessuno dei quali è sufficiente da solo per immaginare

un futuro dove l'adattamento sarà la priorità per il settore primario. Possono essere messe in atto diverse azioni preventive (no regret), ovvero azioni eterogenee e anche semplici tecnicamente, che nel loro insieme contribuiscono ad aumentare la resilienza del sistema, tra le quali [3]:

- incremento della sostanza organica nel suolo,
- tutela e conservazione della biodiversità agricola,
- uso efficiente delle risorse,
- riduzione della deforestazione e della degradazione del suolo,
- miglioramento dell'efficienza e della sostenibilità delle industrie alimentari e della logistica,
- scelta di regimi alimentari sostenibili e riduzione degli sprechi alimentari.

Tali azioni, proponibili ed applicabili al nostro contesto agroalimentare, sono in linea con quelle suggerite a livello mondiale dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dell'ONU (Tab.2).

L'adattamento ai cambiamenti climatici può anche rappresentare un'opportunità per la transizione verso un comparto agroalimentare

Comparto	Opzioni di risposta basate sulla gestione del territorio
Agricoltura	Aumento della produttività (intensificazione sostenibile) Miglioramento della gestione delle colture e degli allevamenti Diversificazione agricola Gestione integrata delle risorse idriche
Suolo	Aumento del contenuto di carbonio organico Riduzione di erosione, salinizzazione, compattazione
Ambiente	Riduzione delle frane e dei pericoli naturali/dissesto idro-geologico Riduzione dell'inquinamento, inclusa l'acidificazione
Categoria	Opzioni di risposta basate sulla gestione della catena del valore
Domanda	Riduzione delle perdite post-raccolta Cambiamenti nella dieta Riduzione degli sprechi alimentari (consumatori e distributori)
Offerta	Miglioramento dell'uso dell'energia nei sistemi alimentari Miglioramento dei processi produttivi e di vendita

Tabella 2 - Opzioni di risposta che possono essere adottate nel settore agroalimentare. Fonte: Adattato e modificato per il contesto italiano da IPCC, 2019 [4].

maggiormente sostenibile ed una spinta per la ricerca e lo sviluppo di soluzioni avanzate. Diverse sono le innovazioni tecnico-scientifiche che possono contribuire all'adattamento del settore^[5]:

- Tecniche di Evoluzione Assistita (TEA) per la selezione di nuove varietà ed il miglioramento quali-quantitativo delle produzioni,
- Agricoltura conservativa per la tutela e gestione del suolo agricolo e per lo stoccaggio del carbonio,
- Approcci di bioeconomia circolare rigenerativa per la valorizzazione di scarti e sottoprodotti,
- Digitalizzazione per agricoltura di precisione per interventi mirati ed in base alle effettive necessità delle colture,
- Servizi climatici basati su monitoraggi e modelli per supporto alla gestione,
- Integrazione tra produzione prima-

ria ed energie rinnovabili nelle imprese agricole per generare benefici multipli,

- Innovazioni tecnologiche sostenibili per l'industria alimentare.

In tale contesto, il ruolo della Ricerca non è solo quello di sviluppare innovazione a servizio del sistema agroalimentare, ma anche di interagire con i decisori politici, suggerendo soluzioni tecniche di adattamento specifiche per il comparto. E' quanto stato fatto, ad esempio, dalla Divisione Sistemi Agroalimentari Sostenibili (AGROS) di ENEA che è stata coinvolta dal Comune di Roma Capitale per dare supporto all'elaborazione della "Proposta di strategia di adattamento climatico" presentata a gennaio 2024^[6], per la quale sono state definite azioni locali di adattamento del sistema agricolo incluse quelle legate al trasferimento di conoscenze.

Conclusioni

Lo studio della relazione tra cambiamenti climatici e settore agroalimentare è estremamente articolato, considerando l'influenza reciproca tra i due elementi e la complessità del settore stesso, determinata dall'eterogeneità delle condizioni pedoclimatiche e dei sistemi produttivi. **In tale contesto è necessario non solo a livello tecnico-scientifico, ma anche economico, sociale e politico, elaborare strategie di adattamento e di mitigazione degli impatti, con la partecipazione attiva dei vari stakeholders coinvolti, ed assumere un'ottica di lungo periodo e di prevenzione, consapevoli che da questo dipende la sicurezza alimentare e la competitività di un settore importante della nostra economia.**

Per info: valentina.tolaini@enea.it

Riferimenti bibliografici

1. AA. VV. (2019), "Food Security", Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, IPCC.
2. M. Calvitti, N. Colonna, M. Iannetta (2016), "La relazione cambiamenti climatici e sistema agricolo: tra adattamento e mitigazione", Energia, ambiente e innovazione, 1/2016.
3. AA. VV. (2019), Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe, European Environment Agency Report N. 04/2019.
4. AA. VV. (2019), "Summary for Policymakers", Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, IPCC.
5. AA. VV. (2020), "I Progetti ENEA per la sostenibilità agroalimentare", Speciale Energia, Ambiente e Innovazione, 1/2020.
6. AA. VV. (2024), "Proposta di strategia di adattamento climatico", <https://www.comune.roma.it/web/it/notizia.page?contentId=NWS1132360>.

Soluzioni basate sulla natura per la rigenerazione e l'adattamento climatico di città e territori

Il ruolo delle soluzioni basate sulla natura (NBS) nella risposta al cambiamento climatico è ormai riconosciuto dalle strategie e politiche sul tema. Esse forniscono benefici multipli per la salute e il benessere umano, nonché per la biodiversità. Il Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) è coinvolto in diverse attività sul tema NBS, che prevedono sia il supporto agli Enti locali per l'implementazione di NBS in città e territori, incluse le aree marine, sia la quantificazione dei benefici multipli da esse offerti, tra cui le potenzialità di adattamento climatico. Di seguito si riportano i principali progetti attualmente in corso di realizzazione.

DOI 10.12910/EAI2024-057

di Elisabetta Salvatori, Cristian Chiavetta, Simone Ciadamidaro, Alessandra De Marco, Patrizia Menegoni, Maria Rita Minciardi, Alessandro Sebastiani, Chiara Lombardi, Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali - ENEA

Il concetto di Soluzioni Basate sulla Natura (Nature-Based Solutions, NBS) è emerso intorno alla metà degli Anni Duemila dall'Approccio Ecosistemico ^[1], adottato nell'ambito della Convenzione sulla Diversità Biologica. Nel marzo 2022, la quinta sessione dell'Assemblea delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEA-5) ha adottato una risoluzione formale ("Resolution on Nature-based Solutions for Supporting Sustainable Development"), in cui ha definito il concetto di NBS, riconoscendone il ruolo importante nella risposta globale al cambiamento climatico e ai suoi effetti sociali, economici e ambientali. In questa risoluzione, le NBS sono state definite come "azioni per proteggere, conservare, ripristinare, utilizzare in modo sostenibile e gestire ecosistemi terrestri, d'acqua dolce, costieri e marini, sia naturali che modificati dall'uomo, volte ad affrontare le sfide sociali, economiche e ambientali in

modo efficace e adattivo, garantendo simultaneamente benessere umano, servizi ecosistemici, resilienza e benefici alla biodiversità" ^[2]. Tale definizione è stata inoltre assunta come riferimento nella proposta di norma del Comitato Europeo di Normazione (CEN), "Nature-Based Solutions - Vocabulary and Principles", recentemente finalizzata dalla Commissione Tecnica Sustainable and Smart Cities and Communities (TC465/WG1) e attualmente in fase di inchiesta ^[3].

Quello di NBS può essere quindi definito come un concetto ombrello, che racchiude ed ingloba una vasta gamma di approcci ecosistemici, tra cui le infrastrutture verdi e blu e la forestazione urbana. Le NBS possono essere utilizzate per completare, sostituire o salvaguardare le infrastrutture tradizionali o "grigie" per l'adattamento climatico, fornendo al contempo una maggiore resilienza e una serie di co-benefici (ad esempio, conser-

vazione biodiversità ed opportunità ricreative) ^[4].

Negli ultimi anni il quadro politico a livello internazionale, europeo e nazionale ha riconosciuto esplicitamente il ruolo chiave svolto dagli ecosistemi nell'adattamento climatico, adottando un approccio sinergico tra le politiche e strategie sul clima e quelle sulla biodiversità (Figura 1). Tale approccio si è pienamente realizzato nella Legge UE per il Ripristino della Natura (Regolamento UE 2024/1991 del Parlamento Europeo e del Consiglio), entrata in vigore lo scorso 18 agosto, che fissa per la prima volta in assoluto obiettivi vincolanti per ripristinare gli ecosistemi, gli habitat e le specie dell'UE, anche al fine di raggiungere i target di adattamento climatico.

La ricerca ENEA

Il Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e

Principali strategie e politiche in tema di adattamento



Figura 1: Principali strategie e politiche in tema di adattamento, a livello internazionale, UE e nazionale. Fonte: Modificato da European Environmental Agency, 2024 (4)

Territoriali (SSPT) è coinvolto in diverse attività sul tema NBS, che prevedono sia il supporto agli Enti locali per l'implementazione di NBS in città e territori, incluse le aree marine, sia la quantificazione dei benefici multipli da esse offerti, tra cui le potenzialità di adattamento climatico. Di seguito si riportano i principali progetti attualmente in corso di realizzazione. Nell'ambito dei PNRR **"RAISE - Robotics and AI for socio-economic empowerment"** (Ecosistema dell'Innovazione Regione Liguria, Spoke 4) ed **"EMBRUP - Unlocking the Potential for Health and Food from the seas"** (Rafforzamento delle Infrastrutture di Ricerca, WP4.2), il Laboratorio Biodiversità ed Ecosistemi, SSPT-IMPACT-BES, sta effettuando il ripristino di beds (o "letti") ad *Ostrea edulis* (ostrica piatta) nel Golfo di La Spezia, per la creazione di NBS finalizzate alla rigenerazione degli ecosistemi marini e all'adattamento climatico. Tali interventi sono ad oggi ancora scarsamente sviluppati, in particolare in ambiente marino. L'ostrica piatta,

specie autoctona presente nel Golfo dalla fine dell'800, è un biocostruttore in grado di formare strutture tridimensionali (beds) fornendo molteplici servizi ecosistemici oltre ad un importante valore economico per la produzione. A causa delle profonde alterazioni antropiche della costa e dei fondali nel porto, la specie non è in grado di insediarsi sul fondale, per cui ENEA, in collaborazione con la cooperativa di Mitilicoltori Associati, in base alle linee guida del Native Oyster Network [5], realizza un progetto che prevede la creazione di strutture immerse costituite da scarti della produzione della mitilicoltura (gusci) per facilitare l'insediamento e crescita di *O. edulis*. Il progetto, basato sulla collaborazione tra Laboratorio Biodiversità ed Ecosistemi e il Laboratorio Strumenti per la Sostenibilità e Circolarità di Sistemi Produttivi e Territoriali, si inserisce nelle attività di Smart Bay S. Teresa (Figura 2), che hanno come obiettivo la conoscenza e conservazione degli ecosistemi calcificanti nel Golfo e il loro ripristino.

Con il progetto LIFE **"Air pollution removal by urban forests for a better human well-being - AIRFRESH"** sono stati effettuati interventi di riforestazione periurbana a Firenze e ad Aix-en-Provence (Francia), al fine di



Figura 2: Il Progetto Ostriche nell'ambito di Smart Bay Santa Teresa. Fonte: Elaborazione L. Kerhoas

quantificare la capacità della vegetazione di migliorare la qualità dell'aria in città, ridurre il fenomeno delle isole di calore e garantire il deflusso delle acque piovane durante eventi meteorologici estremi. Il Laboratorio Impatti sul Territorio e nei Paesi in via di Sviluppo, SSPT-IMPACT-TERPVS, ha applicato un sistema modellistico in grado di valutare la variazione delle concentrazioni dei principali inquinanti e dei parametri meteorologici in seguito agli interventi di riforestazione. Il progetto sta inoltre realizzando linee guida per massimizzare i benefici ambientali e di salute pubblica della riforestazione urbana, rivolte agli amministratori locali.

"The Urban Heat Island Effect in the City of Rome" è un Progetto finanziato dalla DG Reform dell'UE (REFORM/2021/OP/0006 Lot 1, Framework Contract TSIC-RoC-24766). Iniziato a luglio 2024, si propone di supportare Roma Capitale nella progettazione e implementazione di misure per mitigare il fenomeno dell'isola di calore urbana. La Sezione Soluzioni Integrate e Nature-Based per la Rigenerazione Urbana,

SSPT-NATURB, si occuperà in particolare di coordinare la definizione di strategie di adattamento che prevedono l'utilizzo di NBS in due zone della città, identificate come a maggior rischio per gli effetti dell'isola di calore. Inoltre, SSPT-NATURB contribuirà alla messa in atto di azioni di "capacity building", volte a formare gli amministratori locali nella pianificazione e gestione delle aree verdi urbane, per massimizzare la fornitura di servizi ecosistemici.

Uno strumento di grande importanza nell'implementazione delle NBS è Anthosart green tool ^[6]. Realizzato da ENEA in collaborazione con Forum Plinianum e Società Botanica Italiana, il tool, di libero accesso, permette di selezionare specie della Flora d'Italia in base alla loro distribuzione, ecologia, associabilità, caratteristiche estetiche e funzionali. Inserito nei CAM - Criteri ambientali minimi per il servizio di gestione del verde pubblico e la fornitura di prodotti per la cura del verde del MASE con Decreto 10 marzo 2020, è uno strumento largamente utilizzato da privati progettisti o tecnici della PA per la progettazione

e gestione di aree verdi pubblico/private e foreste urbane.

Infine, il Laboratorio SSPT-IMPACT-BES, nell'ambito di una **collaborazione con l'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po**, sta effettuando ricerche sulle Natural Water Retention Measurements (NWRM), che costituiscono NBS finalizzate prioritariamente ad amplificare o ripristinare la capacità degli ecosistemi di regolare i flussi idrici. Le NWRM sono in grado sia di proteggere il territorio e le attività umane dal rischio idrogeologico (derivante sia da eventi climatici estremi sia dalla cronica fragilità dei nostri territori), sia di contribuire al ripristino della naturalità. Sono state classificate le NWRM sulla base della letteratura scientifica, e sono stati individuati specifici indicatori in grado di valutare e monitorare la coerenza ecologica nonché la possibilità, di ciascuna NWRM, di tutelare e migliorare la naturalità e la biodiversità nel territorio di realizzazione, dalla scala del sito di intervento a quella di area vasta.

per info: elisabetta.salvatori@enea.it

Bibliografia

1. Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., van Ham, C., Weisser, W.W., & le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. *GAIA*, 24(4), 243-248. <http://dx.doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>
2. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Bretzel F. Salvatori E., 2004. L'origine italiana delle nature-based solutions europee. *STANDARD*, 5(3), 26-27, ISSN 2785-5724, <https://www.flipsnack.com/69AB96AA9F7/standard-n-5-settembre-2024/full-view.html>
4. European Environmental Agency, 2024. Urban Adaptation in Europe: what works? EEA Report 14/2023, ISSN 1977-8449, doi:10.2800/50996
5. <https://nativeoysternetwork.org>
6. <https://anthosart.florintesa.it/>

Buone pratiche di economia circolare e cambiamenti climatici

La transizione all'economia circolare comporta vantaggi che, oltre a riguardare gli aspetti più direttamente correlati ad essa, intessano anche altre dimensioni, quali quella socioeconomica e quella ambientale. Il presente articolo mira ad illustrare le potenzialità della transizione in particolare per quest'ultimo aspetto, dando un quadro sintetico delle Buone Pratiche di Economia Circolare (BPEC) presenti nel Database della Piattaforma Italiana degli attori per l'Economia Circolare (ICESP) caratterizzate anche da sinergie con il contrasto dei cambiamenti climatici.

DOI 10.12910/EAI2024-058

di Anna Rita Ceddia, Fabio Eboli, Flavio Scrucça, Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali - ENEA

I vantaggi della transizione all'economia circolare non sono limitati agli aspetti più diretti (maggiore efficienza nell'uso delle risorse, allungamento vita utile di materiali e prodotti, valorizzazione dei rifiuti come risorse) ma si estendono alla dimensione socioeconomica, in termini di nuove opportunità produttive ed occupazionali, ed alla dimensione ambientale per i positivi impatti su biodiversità, ecosistemi e cambiamenti climatici. Questo articolo contribuisce ad illustrare le potenzialità sotto quest'ultimo profilo, rimarcato anche da un recente rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente¹, dando un quadro sintetico delle Buone Pratiche di Economia Circolare (BPEC) presenti nel Database ICESP² che al contempo presentino anche sinergie con il contrasto dei cambiamenti climatici.

Il metodo di indagine si è basato su una selezione delle BPEC attraverso la ricerca dei termini più rilevanti all'interno delle schede nei campi

"Motivazione", "Descrizione", "Risultati", "Parole chiave"³. Delle 234 BPEC presenti nel database a fine marzo 2024, 78 evidenziano un contributo in termini di riduzione delle emissioni climalteranti o di risparmio energetico. La maggior parte di esse afferi-

sce all'Area "Produzione" (22 BPEC), mentre solo 7 BPEC hanno anche una valenza di tipo climatico solo sul lato "consumo". Questa ripartizione è in linea con le BPEC ICESP prese nel loro complesso (Figura 1).

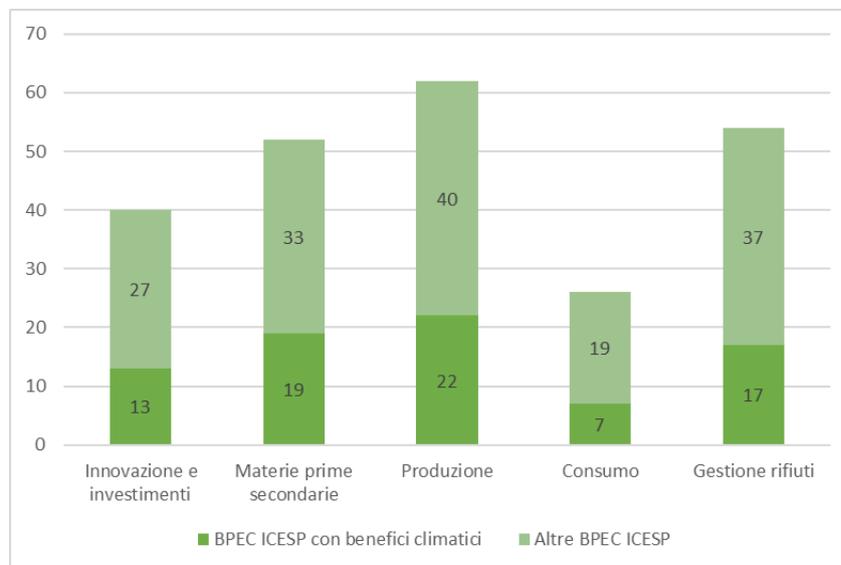


Figura 1: Ripartizione BPEC (con e senza benefici climatici) per Area

¹ <https://www.eea.europa.eu/publications/capturing-the-climate-change-mitigation>

² <https://www.icesp.it/buone-pratiche>

³ Per maggiori informazioni si rimanda al report del GdL2 di ICESP, SG3 "Economia Circolare e Cambiamenti Climatici", in via di pubblicazione

In merito alle filiere coinvolte, la maggior parte delle BPEC con rilevanza climatica interessa i settori agricoltura (9), edilizia (8), riciclo dei rifiuti (8) e industrie bio-based (7). Mentre per agricoltura e industrie bio-based l'area principalmente interessata è quella della gestione dei rifiuti, per edilizia e riciclo è invece quella delle materie prime secondarie.

Infine, delle 78 BPEC, 20 quantificano il contributo direttamente riconducibile a pratiche di economia circolare, 35 lo fanno ma senza esplicita relazione causa-effetto, le restanti 23 forniscono informazioni solo di tipo qualitativo. La prossima sezione approfondisce il contenuto della prima categoria.

Evidenze dei benefici climatici

Le evidenze derivanti dall'analisi delle 20 BPEC che quantificano il contributo positivo sul clima (Tabella 1) indicano che:

- nel settore Abbigliamento e Moda guadagna sempre più attenzione l'utilizzo di materie prime seconde in sostituzione delle materie prime vergini, per una produzione di nuovi capi di abbigliamento basata, ad esempio, a partire dal riciclo di Nylon 6 o da un nuovo filato in poliestere derivante dal recupero del PET, con un abbattimento delle emissioni di CO₂ significativo in entrambi i casi. Allo stesso modo, la raccolta/valorizzazione dei vestiti usati secondo i principi della moda solidale e sostenibile si dimostra essere una pratica caratterizzata da elevati benefici in termini di riduzione delle emissioni;
- per quanto riguarda l'Agricoltura, lo sfruttamento di scarti (ad es. siero residuo di caseificio) e rifiuti (ad es. reflui zootecnici, letame e liquame

delle stalle, rifiuti organici residenziali e da sfalci e potature) dei processi produttivi ai fini della produzione di energia e sottoprodotti (compost e biometano) risulta una pratica circolare particolarmente rilevante ai fini della riduzione delle emissioni;

- nell'ambito del settore Cibo e bevande, la lotta allo spreco alimentare (donazione pasti aziendali non consumati) e l'adozione di modelli di business circolari (contenitori per il take-away e delivery "a rendere") emergono come pratiche virtuose per la riduzione delle emissioni;
- nel settore delle Costruzioni, è l'utilizzo di materiali rinnovabili (ad es. paglia e scarti di frumento) ed eco-friendly a rivelarsi una pratica virtuosa caratterizzata da una rilevante riduzione delle emissioni;
- relativamente al settore dell'Elettronica, il recupero e la rigenerazione di flussi significativi di apparecchiature (computer aziendali) in dismissione si dimostra essere una pratica in grado di garantire benefici ambientali e climatici tutt'altro che trascurabili rispetto alla produzione di nuove apparecchiature;
- in merito all'Industria bio-based, l'adozione di tecnologie innovative per la valorizzazione di residui di processo e lo sfruttamento di fonti rinnovabili per l'approvvigionamento di materie prime garantisce significativi benefici ambientali;
- nell'Industria della cellulosa e della carta, l'utilizzo di materiali alternativi alla cellulosa vergine e, in particolare, lo sfruttamento di sottoprodotti provenienti da altre filiere industriali, consente un notevole effetto positivo in termini di emissioni;
- per quanto concerne pratiche di Riciclaggio, la trasformazione con pro-

cessi non inquinanti di rifiuti in nuovi materiali/prodotti da poter riutilizzare in nuovi ambiti di applicazione e per vari scopi si conferma particolarmente strategica per la riduzione delle emissioni;

- interessante è anche il potenziale di Riparazione e Riuso, con la compravendita di usato che si dimostra in grado di garantire un risparmio di gas serra particolarmente significativo rispetto alla manifattura di nuovi beni da materia vergine.

Economia circolare e adattamento ai cambiamenti climatici

Per quanto siano ancora poche le BPEC ICESP che evidenziano, in modo esplicito, l'aumento della resilienza attraverso pratiche di adattamento ai cambiamenti climatici, vale la pena citarle nell'ambito del presente lavoro. Tra di esse vi è, ad esempio, un nuovo sistema di drenaggio urbano che, aggiungendo uno strato di materiali di basso valore commerciale senza ridurre la permeabilità del suolo, rallenta il deflusso di acqua piovana e con esso il rischio di allagamenti e la diffusione di inquinanti, e consente il rilascio graduale dell'acqua così filtrata per irrigare aree verdi urbane⁴. Un altro caso riguarda invece l'implementazione di un sistema di monitoraggio per il controllo dei parametri qualitativi delle acque reflue provenienti da impianti di depurazione civili per permetterne il riuso, arricchite di macro-nutrienti di origine naturale, in ambito agricolo favorendo così la riduzione della pressione sulle fonti di approvvigionamento usuali e il contrasto a fenomeni di siccità⁵.

Per info: flavio.scrucce@enea.it

⁴ <https://www.icesp.it/buone-pratiche/sistemi-urbani-sostenibili-di-drenaggio-base-ceramica>

⁵ <https://www.icesp.it/buone-pratiche/monitoraggio-continuo-della-qualita-delle-acque-reflue-depurate-ottica-di-riuso>

SETTORE	AZIENDA	BUONA PRATICA DI ECONOMIA CIRCOLARE		MATERIALE/ RIFIUTI/ANNI DI RIFERIMENTO	RIDUZIONE EMISSIONI/ EMISSIONI EVITATE	RISPARMIO ENERGIA
ABBIGLIAMENTO E MODA	HUMANA	1. RECUPERO INDUMENTI USATI E VENDITA IN NEGOZI SOLIDALI		2019	90 MLN KG CO ₂	
ABBIGLIAMENTO E MODA	RADICIGROUP	2. PRODUZIONE GILET SOSTENIBILI		10000 GILET (102000 BOTTIGLIE)	6516 KG CO ₂ (45%)	60% ENERGIA
ABBIGLIAMENTO E MODA	RADICIGROUP	3. RICICLO DI NYLON 6 PER CALZE SPORTIVE			90% EMISSIONI	87% ENERGIA
AGRICOLTURA	FATTORIA DELLA PIANA	4. RESIDUI LAVORAZIONI CASEIFICIO PER PRODUZIONE BIOGAS			45% (BIOGAS COMPOSTO DA 55% DI METANO)	2.680 FAMIGLIE SERVITE DA ELETTRICITA'
ALTRO	CONSORZIO LATTERIE VIRGILIO	5. DIGESTIONE ANAEROBICA CON PRODUZIONE ENERGIA RINNOVABILE E DIGESTATO		DA INIZIO ATTIVITA'	350 TON METANO	20 MLN kWh
ALTRO	GRUPPO HERA	6 RIFIUTI ORGANICI E VERDI PER PRODUZIONE BIOMETANO PER TRASPORTO E COMPOST		135000 TON/ ANNO RIFIUTI	14.600 TON CO ₂	
CIBO E BEVANDE	AROUND	7. NOLEGGIO CONTENITORI SMART E RIUTILIZZABILI		200 UTILIZZI	29 KG CO ₂	
CIBO E BEVANDE	GRUPPO HERA	8. DONAZIONE PASTI AZIENDALI		110.000 PASTI (2009-2020)	201.568 KG CO ₂ e	
COSTRUZIONI	GRUPPO CERAMICHE GRESMALT	9. PIASTRELLE CERAMICHE ECO-FRIENDLY			23% CO ₂	
COSTRUZIONI	PRESPAGLIA	10. PAGLIA, CALCE, SCARTI DI FRUMENTO PER PRODUZIONE MATTONI			100% CO ₂	1/3 (MINORE DISPERSIONE CALORE)
ELETTRONICA	REWARE	11. RICONDIZIONAMENTO COMPUTER		4000-4500 COMPUTER RIGENERATI	1600 TON CO ₂ e	

SETTORE	AZIENDA	BUONA PRATICA DI ECONOMIA CIRCOLARE		MATERIALE/ RIFIUTI/ANNI DI RIFERIMENTO	RIDUZIONE EMISSIONI/ EMISSIONI EVITATE	RISPARMIO ENERGIA
INDUSTRIA BIO-BASED	NOVAMONT	12. STOVIGLIE BIODEGRADABILI			50% GHG	
INDUSTRIA BIO-BASED	NOVAMONT	13. RECUPERO THF DA ACQUE REFLUE PER PRODUZIONE MATER-BI			246.000 TON CO ₂ (TRASPORTO REFLUI EVITATO)	
INDUSTRIA CELLULOSA E CARTA	FAVINI	14. SOTTOPRODOTTI LAVORAZIONI AGRO-INDUSTRIALI PER PRODUZIONE CARTA		PER 1 UNITA' DI CARTA	20% (CARBON FOOTPRINT)	
INDUSTRIA CELLULOSA E CARTA	FAVINI	15. RESIDUI DI CRUSCA PER PRODUZIONE CARTA		1 TON DI CARTA	22% CO ₂ e	
RICICLAGGIO	GEES RECYCLING	16. RIFIUTI DI PLASTICHE TERMOINDURENTI E COMPOSITE PER PRODUZIONE PANNELLI		3000 TON	6 MLN KG CO ₂	
RICICLAGGIO	PVC FORUM ITALIA	17. RICICLO PVC DA C&D, INGOMBRANTI E CENTRI GESTIONE RIFIUTI		PER 1 TON DI PVC	2 TON CO ₂ e	0,54 kWh
RIPARAZIONE E RIUSO	MERCATINO SRL	18. MERCATINI DEL RIUSO		6 ANNI	45.000 TON GHG	
RIPARAZIONE E RIUSO	TYREBIRTH	19. PIROLISI DI PNEUMATICI PER PRODURRE BLACK CARBON E ACCIAIO		1 TON CARBON BLACK VERGINE vs RICICLATO	4,24 TON CO ₂ (4,4 vs 0,16)	
SERVIZI B2B	CYRKL	20. PIATTAFORMA SCAMBIO E SIMBIOSI			170.000 TON CO ₂ e	

Tabella 1 – Sintesi delle BPEC ICESP con impatti positivi su riduzione emissioni e risparmio di energia connesse in modo diretto all'economia circolare

Adattamento e mitigazione del cambiamento climatico nei Paesi in Via di Sviluppo

Il ruolo ENEA nel supporto tecnico ai Paesi in Via di Sviluppo in considerazione dell'adattamento e della mitigazione dei cambiamenti climatici. L'ENEA ha costruito negli anni una rete consolidata di scambio e collaborazione con enti nazionali e internazionali nell'ambito della cooperazione allo sviluppo. Questo impegno si traduce in una serie di Accordi, Convenzioni e Protocolli d'Intesa che regolano la realizzazione di iniziative congiunte. L'AICS (Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo) e il MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) sono tra i principali attori nazionali con cui l'ENEA collabora per promuovere azioni comuni di trasferimento tecnologico e cooperazione nei PVS.

DOI 10.12910/EAI2024-059

di Alessandra De Marco e Marco Proposito, Laboratorio Impatti sul Territorio e nei Paesi in Via di Sviluppo - ENEA

La cooperazione internazionale gioca un ruolo fondamentale nell'affrontare le sfide globali legate al cambiamento climatico, soprattutto nei Paesi in Via di Sviluppo (PVS) che sono tra i più vulnerabili agli impatti dei fenomeni climatici estremi. In questi contesti, la cooperazione non è solo un atto di solidarietà, ma anche una necessità per costruire resilienza e garantire un futuro sostenibile. Le strategie di adattamento e mitigazione sono essenziali per far fronte alle crescenti minacce climatiche e richiedono un approccio collettivo, inclusivo e mirato.

Adattamento al cambiamento climatico

L'adattamento implica la capacità di un Paese di affrontare gli effetti del cambiamento climatico, riducendo la vulnerabilità e aumentando la resilienza delle comunità e dei sistemi naturali. Nei PVS, dove le risorse per fronteggiare disastri naturali o altera-

zioni ambientali sono limitate, la cooperazione internazionale è cruciale e può manifestarsi attraverso il trasferimento di tecnologie appropriate, la formazione di personale locale e il potenziamento delle infrastrutture resilienti. Esempi di iniziative comuni nelle politiche di adattamento includono progetti per la gestione sostenibile delle risorse idriche, la protezione delle aree costiere e l'implementazione di pratiche agricole resilienti al clima.

Mitigazione del cambiamento climatico

La mitigazione si focalizza sulla riduzione delle emissioni di gas serra, con l'obiettivo di rallentare il riscaldamento globale. Nei PVS, la cooperazione internazionale nel campo della mitigazione si traduce spesso in investimenti nelle energie rinnovabili, nell'efficienza energetica e nella salvaguardia delle foreste. I Paesi più sviluppati forniscono supporto finanziario per l'implementazione di solu-

zioni a basse emissioni di carbonio, come impianti solari, eolici e a biomassa. Questi interventi consentono ai PVS di ridurre la loro dipendenza dai combustibili fossili e di migliorare la loro capacità produttiva in modo sostenibile.

Un settore cruciale in cui la cooperazione internazionale ha avuto effetti positivi è la lotta contro la deforestazione. La conservazione delle foreste tropicali non solo contribuisce a preservare la biodiversità, ma è anche essenziale per la regolazione del clima globale.

La finanza climatica

Uno degli aspetti più critici della cooperazione internazionale per il cambiamento climatico è la finanza climatica, ossia il flusso di risorse economiche destinate a sostenere i progetti di adattamento e mitigazione nei PVS. I Paesi sviluppati hanno l'obbligo di fornire tali risorse, come stabilito nell'Accordo di Parigi, per supportare i paesi vulnerabili. I fon-

di sono gestiti da istituzioni come il Green Climate Fund, che eroga finanziamenti a condizioni favorevoli per i progetti climatici.

Le politiche di adattamento e mitigazione devono essere integrate nelle strategie di sviluppo nazionale, tenendo conto delle specificità locali e coinvolgendo tutti gli attori, dai governi alla società civile. Un approccio integrato, inclusivo e a lungo termine è fondamentale per garantire l'efficacia della cooperazione internazionale nella lotta contro il cambiamento climatico. **La collaborazione globale in materia di adattamento e mitigazione nei PVS è essenziale per ridurre le vulnerabilità a livello globale e per contribuire alla creazione di un futuro più equo e sostenibile per tutti.** Il successo di queste iniziative dipenderà dalla capacità di combinare risorse finanziarie, competenze tecniche e politiche globali per rispondere in modo efficace e tempestivo alle sfide climatiche.

Le Conclusioni della COP di Baku per i Paesi in Via di Sviluppo

Le Conclusioni di Baku non si limitano solo al dialogo interculturale e alla promozione della pace, ma toccano anche il tema del supporto ai PVS, riconoscendo che il progresso globale dipende dalla capacità di affrontare le sfide comuni, come povertà, cambiamento climatico e disuguaglianze socio-economiche. Le raccomandazioni emerse durante il forum hanno sottolineato la necessità di un'azione concreta e coordinata per sostenere i PVS, con un particolare focus sull'inclusione, la sostenibilità e il rafforzamento delle capacità locali. Di seguito, alcune delle principali conclusioni relative al supporto ai PVS:

1. Cooperazione internazionale rafforzata. L'intensificazione della cooperazione internazionale tra i Paesi sviluppati e i PVS è fondamentale

per garantire una crescita economica sostenibile, l'accesso a tecnologie avanzate e la condivisione di risorse.

2. Sostenibilità e integrazione delle diversità. È essenziale adottare modelli di sviluppo che integrino la sostenibilità ambientale, economica e sociale. I PVS, essendo più vulnerabili ai cambiamenti climatici e alle crisi ecologiche, necessitano di progetti che rispettino le loro tradizioni e le realtà locali. Questi progetti dovrebbero mirare a proteggere l'ambiente, promuovere l'uso di energie rinnovabili e implementare pratiche agricole sostenibili.

3. Accesso a tecnologie e innovazioni. La promozione dell'accesso dei PVS alle nuove tecnologie e innovazioni rappresenta una priorità. Tra queste, le tecnologie verdi possono aiutare i PVS a ridurre le emissioni di carbonio, migliorare l'efficienza energetica e implementare soluzioni per la gestione sostenibile delle risorse naturali. I Paesi sviluppati sono chiamati a trasferire competenze e tecnologie, favorendo la capacità di innovazione nei PVS.

4. Ruolo delle organizzazioni internazionali. Le Organizzazioni Internazionali, come l'ONU e l'Unione Europea, sono chiamate a fornire supporto concreto e promuovere politiche di cooperazione coerenti con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) delle Nazioni Unite. Questo impegno è cruciale per garantire un benessere duraturo e la riduzione delle disuguaglianze globali nei PVS.

5. Partenariati pubblico-privato. La collaborazione tra governi, settore privato e organizzazioni della società civile è essenziale per affrontare le sfide globali, tra cui povertà, disoccupazione e scarsità di risorse. Il coinvolgimento delle imprese e degli investitori è visto come fondamentale per stimolare la crescita economica e migliorare la qualità della vita nei PVS.

Il ruolo dell'ENEA nell'ambito della cooperazione nei Paesi in Via di Sviluppo

L'ENEA ha costruito negli anni una rete consolidata di scambio e collaborazione con enti nazionali e internazionali nell'ambito della cooperazione allo sviluppo. Questo impegno si traduce in una serie di Accordi, Convenzioni e Protocolli d'Intesa che regolano la realizzazione di iniziative congiunte. L'AICS (Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo) e il MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) sono tra i principali attori nazionali con cui l'ENEA collabora per promuovere azioni comuni di trasferimento tecnologico e cooperazione nei PVS.

L'ENEA contribuisce significativamente alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici nei PVS, mettendo a disposizione le proprie tecnologie e soluzioni. L'Ente svolge attività di supporto tecnico-scientifico e trasferimento tecnologico, con l'obiettivo di contrastare gli impatti del cambiamento climatico e favorire la diffusione delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica. Le sue iniziative spaziano dalla promozione di pratiche agricole sostenibili e resilienti alla gestione delle risorse idriche e dei rifiuti, fino alla protezione delle aree marine e alla creazione di sistemi di allerta e adattamento nelle zone costiere. Gli interventi dell'ENEA si sviluppano in diversi continenti e aree geografiche, tra cui Africa, bacino del Mediterraneo, Asia, Medio Oriente e America Latina, coinvolgendo anche le zone SIDS (Small Island Developing States). I progetti sono realizzati grazie all'expertise dei ricercatori e tecnici ENEA, che adattano le tecnologie ai contesti locali per ottimizzarne l'efficacia.

In questo ambito, il Laboratorio Impatti sul Territorio e nei Paesi in via

di Sviluppo, che fa parte del Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali svolge un ruolo essenziale. Infatti, il Laboratorio promuove attività di supporto e trasferimento tecnologico, fornendo supporto tecnico-scientifico e operativo nell'ambito delle Convenzioni stipulate tra l'ENEA e il MASE, contribuendo alla definizione e pianificazione degli interventi di cooperazione con i PVS.

Il supporto svolto dal Laboratorio si realizza in cinque fasi principali:

1. **analisi dei problemi dei PVS**, attraverso lo studio delle necessità tecniche specifiche del Paese laddove esista un Memorandum of Understanding tra i due Paesi;
2. **sopralluogo e colloqui con i PVS per proporre soluzioni** rispetto alle necessità specifiche utilizzando l'ampio spettro delle metodologie e tecnologie disponibili in ENEA;
3. **predisposizione di un progetto completo** (Full Project Proposal, FPP), che tiene conto del contesto locale e offre una descrizione dettagliata dell'intervento da realizzare;
4. **approvazione della FPP e del relativo budget**;
5. **implementazione del progetto nei PVS**, anche attraverso metodologie di Capacity Building e Technology Transfer.

per info: alessandra.demarco@enea.it



L'uso efficiente delle risorse come misura per la mitigazione del cambiamento climatico

Le azioni per la mitigazione del cambiamento climatico, anche all'interno del quadro di policy europeo, sono prevalentemente indirizzate, ad es., a misure di efficientamento energetico in vari comparti e di transizione verso fonti rinnovabili per la produzione di energia. Tuttavia, come previsto dal Piano di Azione per l'Economia Circolare, è possibile agire anche attraverso misure indirette quali un uso più efficiente delle risorse materiali ed un uso circolare delle stesse.

DOI 10.12910/EAI2024-060

di Laura Cutaia, Divisione economia circolare - ENEA

Le azioni per la mitigazione del cambiamento climatico, anche all'interno del quadro di policy europeo, sono prevalentemente indirizzate, ad es., a misure di efficientamento energetico in vari comparti e di transizione verso fonti rinnovabili per la produzione di energia. Tuttavia, come previsto dal Piano di Azione per l'Economia Circolare, è possibile agire anche attraverso misure indirette quali un uso più efficiente delle risorse materiali ed un uso circolare delle stesse. Infatti, valutando le emissioni di CO₂ lungo il ciclo di vita associate ad una determinata materia prima (carbon footprint), si osserva che queste sono determinate da tutti i processi che compongono la filiera quali ad esempio estrazione, raffinazione, trasformazione, distribuzione, incluse tutte le fasi di trasporto intermedie. Ne deriva quindi che più materiali consumiamo, estraiamo e trasportiamo maggiori sono le emissioni di CO₂ associate. Quindi, da un lato è necessario consumare meno risorse, cioè

aumentarne la produttività (a parità di funzione), dall'altro è necessario che la vita utile di tali risorse duri più a lungo possibile tramite la chiusura dei cicli.

In altre parole, è necessario passare dal modello lineare produzione-uso-smaltimento, al modello circolare produzione-uso-riuso/recupero/riciclo, ossia mantenere il più a lungo possibile il valore delle risorse, per usare le parole della definizione di economia circolare adottata dalle norme ISO su tale tema (in particolare nella ISO 59004). Tuttavia la chiusura dei cicli delle risorse oltre che a valle della filiera di consumo, deve avvenire lungo tutta la filiera, dato che i punti di generazioni di scarti (e più in generale delle inefficienze) sono distribuiti lungo tutta la filiera, a partire dalla fase di estrazione delle risorse, per non citare il ruolo fondamentale della fase di design, che condiziona in maniera rilevante non solo le prestazioni del prodotto, ma anche quelle del suo ciclo di vita.

Simbiosi industriale e diagnosi delle risorse

Il Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali di ENEA dal 2010 sta portando avanti progetti ed attività finalizzate a realizzare un uso più efficiente e circolare delle risorse attraverso la simbiosi industriale e la diagnosi delle risorse. La simbiosi industriale, in particolare, consente di fare in maniera tale che gli scarti inutilizzati da un'organizzazione (ma più in generale le risorse intese come scarti materici, cascami energetici ed idrici, servizi e capacità) possano essere impiegati da un'altra organizzazione presente sul territorio con reciproco vantaggio e con vantaggi anche di sistema.

La diagnosi delle risorse, proposta da ENEA-SSPT, invece (che si può collocare qual strumento parallelo della diagnosi energetica, strumento cogente già previsto nel nostro ordinamento) si propone di esaminare in maniera sistematica i flussi di risorse

in entrata ed in un'uscita da un sistema (ad es. una organizzazione, uno stabilimento produttivo, un processo produttivo), nonché come tali flussi sono gestiti internamente al sistema, al fine di individuare i margini di efficientamento interno ed esterno, anche tramite lo strumento della simbiosi industriale.

Per tali strumenti, ENEA ha sviluppato le metodologie nonché i tool informatici di supporto quale è SYMBIOSIS® (http://www.industrialsymbiosis.it/piattaforma), la prima Piattaforma di simbiosi industriale in Italia che integra anche il gestionale per la Diagnosi delle risorse. Lo strumento web-based e gepreferenziato, consente di facilitare l'incontro fra domanda ed offerta di risorse in ottica di simbiosi industriale nonché, con lo strumento di Diagnosi, di esaminare ed ottimizzare i flussi di risorse relativi ad un sistema definito. La figura seguente riassume i progetti ENEA di simbiosi industriale e diagnosi delle risorse realizzati e in corso in Italia.

Tra i progetti in corso, merita una particolare attenzione l'Accordo vigente (2023-2026) tra il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ed ENEA-SSPT che riguarda una serie di azioni relative alla realizzazione organica ed integrata della simbiosi industriale in Italia nonché lo sviluppo e la applicazione del concetto di eco-distretto circolare per la transizione delle aree industriali e delle brown areas italiane verso tale modello. **Tra le azioni è in corso di realizzazione la Metapiattaforma di simbiosi industriale, quale strumento integrato che possa mettere a sistema non solo l'esperienza ENEA di SYMBIOSIS®, ma anche gli altri strumenti sviluppati da operatori pubblici e privati disponibili a livello nazionale per facilitare la simbiosi industriale, come previsto dal Cronoprogramma della Strategia Nazionale di Economia Circolare.** La figura seguente illustra alcune delle principali attività in corso di realizzazione nell'ambito dell'Accordo citato.



Figura 2: Alcune delle attività previste nell'ambito dell'Accordo tra MASE ed ENEA per la Simbiosi Industriale (2023-2026)

Benefici economici e ambientali

Nel 2018 la Commissione Europea aveva commissionato lo studio "Cooperation fostering industrial symbiosis market potential, good practice and policy actions"¹ che attraverso un ampio lavoro di ricognizione, consentiva di stimare alcuni dati di sintesi sugli impatti della simbiosi industriale.

Nell'ambito di questo lavoro gli autori, **estrapolando i risultati del NISP a livello europeo, con meccanismi che tengono conto dei diversi contesti economici, hanno stimato che ad 1 € investito in programmi di simbiosi industriale, corrispondano vantaggi economici pari a 12 €.**

La tabella seguente, ripresa dal lavoro citato, riporta una casistica di casi reali di investimento in programmi di simbiosi e mostra che la media dei risultati di risparmi e fatturato aggiuntivo si attesta, appunto, intorno ai 12 € per 1 € investito in programmi di simbiosi industriale, senza contare gli investimenti privati. Tra gli altri effetti stimati, lo studio riporta inoltre anche i vantaggi di carattere ambientale tra cui il risparmio di materie prime, lo smaltimento di rifiuti evitato nonché le emissioni di CO₂ evitate.



Figura 1: Progetti nazionali ENEA di Simbiosi Industriale e Diagnosi delle risorse

¹ Domenech T. et al, Cooperation fostering industrial symbiosis market potential, good practice and policy actions, ISBN number 978-92-79-74679-6, doi:number 10.2873/346873, © European Union, 2018

	NISP Scotland	NISP Hungary	NISP UK	Romania ECOERG	Invest NI	PNSI	SMILE***
Landfill diversion (t)	0,22440	0,0015	1,0137	0,6017	0,1508	0,0613	0,0489
GHG savings (t CO2)	0,1517	0,0047	0,8786	0,1476	0,1308	0,0048	
Virgin raw materials saved (t)		0,0016	1,3066		0,0923	0,0172	
Hazardous waste saved (t)			0,0451		0,0049		
Water savings (m3)		0,0328	1,5995				
Cost savings (Mill EUR)	3,6328		27,2584		10,6692	1,1278	8,3546
Additional sales (in mill EUR)	1,5625				6,9154	15,2844	
Private investment (in mill. EUR)	6,2578		38,3194		0,8115	0,1655	

Table represents amounts for €1 of investment per year.

Figura 3: Effetti dell'investimento in programmi di simbiosi industriale derivanti dalla rilevazione di diversi programmi esistenti a livello europeo.
Fonte: Commissione Europea, 2018, "Cooperation fostering industrial symbiosis market potential, good practice and policy actions"

La mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso un uso più efficiente delle risorse passa anche attraverso il mantenimento del valore delle risorse il più a lungo possibile, facendo in maniera tale che a fine vita le risorse materiche non vengano smaltite, ma vengano invece rese disponibili per gli stessi o nuovi impieghi. Sulla base dell'approccio ciclo di vita infatti è possibile stimare il consumo di energia e, in funzione del mix energetico, le emissioni di CO₂ associate alla produzione di risorse materiche primarie (materie prime, MP), dalla fase di estrazione fino alla realizzazione del prodotto finito o semilavorato di interesse, confrontandole - a parità di materiale - con le emissioni della risorsa materica secondaria (materie secondarie, MS) corrispondente, dalla fase di raccolta dello scarto fino alla realizzazione del prodotto finito o semilavorato di interesse. Analogamente, la valutazione del consumo energetico sul ciclo di vita relativo alla produzione di una MP e di una MS mostra i possibili vantag-

gi energetici derivanti dall'impiego di MS in luogo delle MP.

Valutare i Titoli di Efficienza Energetica Circolare

Allo scopo, quindi, di valutare i possibili risparmi di energia derivanti dall'uso delle MS al posto delle MP, ENEA ha sviluppato, per conto ed in collaborazione con Utilitalia (in particolare per la fase di raccolta di dati primari presso i loro associati), la metodologia, il database e lo strumento informatico per la valutazione dei cosiddetti TEEC (Titoli di efficienza energetica circolare).

La metodologia in particolare si basa sull'approccio LCA ed è tesa a valutare il consumo energetico sul ciclo vita legato alla produzione di un determinato materiale (semilavorato o prodotto finito) nell'ambito dell'approccio "cradle to gate", cioè dalla culla - punto di origine - al cancello dove esce il materiale semilavorato o prodotto finito oggetto della valutazione. È stato altresì valutato anche lo step successivo "gate to market" al fine di

tenere conto anche della ultima fase del trasporto, cioè la provenienza del materiale "finito". In tale maniera si tiene conto della distanza da cui provengono i prodotti finiti, primari o secondari che siano, valorizzando in questo modo quelli che provengono da mercati locali.

Attraverso i TEEC si si propone di realizzare un meccanismo analogo a quello degli attuali TEE (Titoli di efficienza energetica) con cui le organizzazioni potrebbero attingere a titoli di efficienza (espressi in TEP) ricorrendo ad efficientamenti derivanti dall'impiego di materiali secondari al posto dei primari corrispondenti. Realizzando l'attività, ed in particolare gli approfondimenti LCA necessari per stimare i TEP legati al ciclo di vita dei materiali è stato rilevato che, in funzione dei mix energetici impiegati lungo il ciclo di vita, ad un minore consumo di energia corrispondono anche minori emissioni di CO₂, spendibili sul mercato della CO₂ come Crediti di Carbonio Circolare (3C). Per tale ragione, in sintesi, lo strumento viene



espresso come TE3C, come da logo seguente che sintetizza i TEEC e i 3C. Si evidenzia come **entrambi questi strumenti, TEEC e 3C, potrebbero essere utilizzati secondo quanto previsto dalla Strategia Nazionale di Economia circolare** che, tra le azioni prevede “individuare specifici strumenti economici, quali ad esempio il credito di imposta, su materiali di recupero ed end of waste e su prodotti costituiti da materiali riciclabili e permanenti, proprio come leva per incentivare l’economia circolare ed il mercato delle materie prime seconde”, “introdurre misure fiscali a soste-

gno delle materie prime seconde per renderle competitive con le materie prime vergini”, nonché “creare strumenti finanziari premianti la sostenibilità e la circolarità” con target da raggiungere entro il 2035.

A supporto dello strumento dei TEEC e dei 3C, ENEA ha realizzato uno strumento di calcolo web-based ad-hoc (che contiene al suo interno il DB dei materiali nonché altri dati di supporto per la valutazione dei TEEC e 3C dei trasporti e per l’analisi di benchmark dei dati relativi ai materiali) e che può anche essere alimentato in via cooperativa. Ciò consente, quindi, di calcolare i TEEC e i 3C associati all’uso di un determinato materiale secondario, rispetto al corrispondente primario (e comunque in generale ad effettuare il calcolo della differenza tra i due valori, primario e secondario), lungo il ciclo di vita dei due materiali (dall’estrazione delle materie

prime fino al punto di utilizzo nel caso del primario, dal punto di raccolta al punto di utilizzo nel caso del secondario). Lo strumento è reperibile al seguente link: <https://teec.enea.it> Lo strumento consente anche il rilascio di un documento pdf riportante i risultati della elaborazione, offrendo i TEEC e i 3C associati all’utilizzo di una determinata quantità di materiali secondari. Ai fini di una funzione di attestazione di tale documento, questo potrebbe essere accompagnato da documenti comprovanti l’effettivo acquisto di quei materiali secondari. Allo stato attuale, il DB raccoglie 36 materiali, di cui si hanno le informazioni sia per il primario che per il secondario corrispondente, con dati che vengono sia da analisi di letteratura, sia direttamente da fonti primarie (associati Utilitalia).

Per info: laura.cutaia@enea.it

Mobilità sostenibile e cambiamento climatico

A livello nazionale ed europeo, il settore dei trasporti è uno dei principali responsabili delle emissioni di gas serra e, quindi, uno dei principali responsabili dell'influenza antropica sui cambiamenti climatici. Per fronteggiare la situazione, sono stati definiti degli obiettivi di decarbonizzazione sfidanti, il raggiungimento dei quali richiede non solamente il miglioramento delle tecnologie veicolari ma anche una riduzione della domanda di mobilità ed il suo spostamento verso le modalità a più basse emissioni. Il Laboratorio di Mobilità Sostenibile e Trasporti dell'ENEA opera ad ampio spettro su tutte le componenti della decarbonizzazione dei trasporti, fornendo contributi sia dal punto di vista tecnologico che della messa a punto di modelli e strumenti per la pianificazione di una mobilità smart e sostenibile.

DOI 10.12910/EAI2024-061

di Gaetano Valenti, Maria Pia Valentini, Francesco Vellucci, Laboratorio Mobilità Sostenibile e Trasporti - Dipartimento tecnologie energetiche e fonti rinnovabili - ENEA

Il settore dei trasporti è oggi chiamato ad affrontare sfide senza precedenti legate a obiettivi strategici globali come la sostenibilità e la neutralità climatica, sfruttando le nuove opportunità offerte dai continui progressi tecnologici della Smart Mobility e delle energie rinnovabili.

Attualmente, il settore dei trasporti è uno dei principali responsabili delle emissioni di gas serra in Europa, contribuendo per circa un quarto del totale. A differenza di altri settori chiave, come la produzione elettrica e l'industria, che hanno ridotto il loro impatto climatico dal 1990 ad oggi grazie all'incremento delle energie rinnovabili e all'efficienza energetica, le emissioni del settore trasporti continuano a crescere, sebbene a un ritmo più contenuto negli ultimi anni. Questa tendenza è principalmente attribuibile alla forte dipendenza dai combustibili fossili, che coprono circa il 94% dell'energia consumata, e all'aumento costante del traffico su

strada, marittimo e aereo.

Ogni modalità di trasporto contribuisce in modo differente al totale delle emissioni di gas serra. In Europa, il settore del trasporto su strada, che comprende veicoli a due ruote, automobili, furgoni, camion e autobus, è responsabile di circa il 95% delle emissioni totali al punto d'uso, escludendo quelle provenienti dai bunkeraggi internazionali del trasporto marittimo e aereo. Le automobili contribuiscono approssimativamente al 60% delle emissioni complessive del trasporto su strada.

L'impatto delle varie modalità di trasporto in Italia

In Italia, l'impatto del trasporto su strada sulle emissioni del settore raggiunge invece il 92%, per effetto di una maggiore incidenza del trasporto marittimo. L'elevata incidenza del trasporto su strada dipende da due fattori concomitanti: una quota modale rilevante ed una limitata efficienza energetica. Nelle aree urbane,

dove risiede circa il 75% della popolazione europea, il trasporto su strada ha anche un impatto negativo importante sulla qualità dell'aria, e quindi sulla salute dei cittadini e sul degrado dell'ambiente.

Il trasporto marittimo nazionale, che copre circa il 5% delle emissioni climalteranti del settore, risulta efficiente per il trasporto di grandi quantità di merci, sebbene contribuisca in modo rilevante all'inquinamento nelle aree portuali.

Il trasporto aereo, che contribuisce per poco più del 2% alle emissioni del settore, è tra le modalità meno sostenibili in termini di emissioni per passeggero-chilometro.

Il trasporto su ferro rappresenta infine la modalità più sostenibile ed efficiente dal punto di vista energetico, responsabile di meno dell'1% delle emissioni climalteranti, grazie all'alto livello di elettrificazione raggiunto e al crescente impiego di fonti rinnovabili per alimentare la rete.

Obiettivi e misure per la neutralità climatica dei trasporti

Il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica nel settore dei trasporti richiede una profonda riorganizzazione dei modelli attuali di mobilità di persone e merci. Questo obiettivo è realizzabile attraverso l'implementazione di misure volte a ridurre il fabbisogno di mobilità (misure "avoid") e a migliorare l'efficienza degli spostamenti incoraggiando l'uso di modalità di trasporto a zero o basse emissioni di CO₂ (misure "shift"); inoltre è altrettanto importante una progressiva sostituzione dei carburanti fossili con vettori energetici provenienti da fonti a basso impatto climatico, fino a raggiungere una completa indipendenza dal petrolio (misure "improve"), Figura 1.

Nell'ambito delle azioni previste dal Green Deal europeo, l'Unione ha tracciato un percorso per ridurre in modo significativo l'impatto climatico e il degrado ambientale causato dal settore dei trasporti, puntando a una diminuzione delle emissioni climalteranti del 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 e a un taglio complessivo del 90% entro il 2050.

Questo percorso di decarbonizzazione include il trasferimento di almeno il 30% del trasporto merci stradale di lunga percorrenza su rotaia o vie navigabili entro il 2030, percentuale destinata a salire al 50% entro il 2050. Questa transizione richiederà importanti investimenti infrastrutturali e una rilevante riorganizzazione della logistica per favorire una migliore integrazione tra trasporto su strada, nave e rotaia. Sarà fondamentale potenziare la capacità dell'infrastruttura ferroviaria, per facilitare un utilizzo più esteso del trasporto ferroviario, sia per il movimento delle merci sia per il trasporto passeggeri.

Per incentivare il passaggio a veicoli a zero o basse emissioni, l'UE ha in-

trodotto normative sempre più stringenti sulle emissioni medie di CO₂ del venduto auto, furgoni e veicoli pesanti, incoraggiando così l'offerta di motorizzazioni full-electric e ibride plug-in. Questi veicoli rappresentano oggi la soluzione tecnologica più idonea alla decarbonizzazione del trasporto privato di persone, della distribuzione delle merci e del trasporto pubblico su gomma.

Per le brevi e medie distanze, dove l'autonomia dei veicoli non rappresenta un vincolo stringente, l'alimentazione a batteria è l'opzione privilegiata, stante l'elevata efficienza energetica del powertrain veicolare e le limitate perdite della distribuzione dell'energia elettrica da rete e della ricarica delle batterie. Puntando ad una produzione di elettricità da fonti rinnovabili, ciò si traduce in un contenimento degli investimenti necessari per garantire un'offerta energetica adeguata alla domanda.

Le prospettive dell'idrogeno verde

Per le lunghe distanze, invece, l'impiego dell'idrogeno verde è una soluzione promettente, grazie alla sua elevata densità energetica. Questo è tipicamente il caso dei trasporti pesanti (su strada, aerei e per vie navigabili).

Nelle aree portuali e aeroportuali si punta allo sviluppo di infrastrutture innovative per generare e stoccare idrogeno verde in loco per rifornire navi, aerei e mezzi di movimentazione di persone e merci. Inoltre, sono diversi i porti europei che hanno già intrapreso la strada dell'elettificazione delle banchine per alimentare i motori ausiliari e ridurre le emissioni climalteranti e l'inquinamento locale delle navi attraccate.

Per le linee ferroviarie non adatte ad un'alimentazione attraverso catenaria, in sostituzione dei treni a gasolio l'industria sta proponendo sia solu-

zioni ad idrogeno che a batteria.

L'UE sostiene inoltre la ricerca e sviluppo di carburanti alternativi a quelli di origine fossile, come biocarburanti avanzati e carburanti sintetici, che rappresentano possibili opzioni per il trasporto aereo e marittimo specialmente nella fase di transizione verso i motori elettrici.

Parallelamente, l'Europa impone lo sviluppo di un'adeguata ed evoluta infrastruttura di rifornimento dei nuovi vettori energetici del trasporto.

Un percorso fondamentale per raggiungere la neutralità carbonica del settore dei trasporti è la transizione verso una mobilità intelligente e sostenibile. Sistemi avanzati di gestione del traffico, piattaforme digitali per la mobilità condivisa e soluzioni di mobilità integrata/multimodale consentiranno di ridurre le percorrenze, il numero di veicoli su strada e le conseguenti emissioni. Servizi come car sharing e bike sharing, insieme al trasporto pubblico, ridurranno l'uso dell'auto privata e il traffico veicolare urbano. Anche l'integrazione di tecnologie IoT e intelligenza artificiale nei trasporti merci e nella logistica permetterà di ottimizzare le rotte e migliorare l'efficienza, con effetti positivi sulla riduzione delle emissioni di gas serra.

Accanto alle politiche e alle infrastrutture, sarà fondamentale sensibilizzare i cittadini sulla necessità di ridurre l'uso dell'auto privata e di adottare soluzioni di trasporto più sostenibili e a ridotta impronta carbonica. Anche le aziende hanno un ruolo importante, incentivando tra i dipendenti l'uso di mezzi di trasporto collettivi aziendali e/o pubblici e/o la condivisione e la decarbonizzazione dei mezzi di trasporto attraverso il car pooling e l'uso biciclette per i tragitti casa-lavoro.

Il contributo dell'ENEA alla neutralità climatica dei trasporti

Nei prossimi anni, il settore dei trasporti dovrà affrontare una profonda trasformazione tecnologica per conformarsi agli obiettivi climatici fissati dall'UE. Questa trasformazione non si limiterà alla diffusione di veicoli più efficienti e vettori energetici decarbonizzati, ma comprenderà anche lo **sviluppo di infrastrutture di ricarica e rifornimento** strettamente integrate con le emergenti filiere di generazione e distribuzione di energie rinnovabili. L'evoluzione dei trasporti e della mobilità sarà inoltre accompagnata dalle innovazioni digitali e dell'automazione in ambito smart mobility, per gestire in modo più efficiente la domanda di mobilità e ottimizzare il trasporto di passeggeri e merci in un'ottica più sostenibile ed ecologica.

Il Laboratorio Mobilità Sostenibile e Trasporti (MOST) di ENEA copre diversi campi della ricerca ancora necessaria per fornire soluzioni tecnologiche e strumenti di analisi e valutazione in linea con le sfide in atto. In particolare, il Laboratorio realizza misure emissive ed energetiche, su strada ed al banco, relative a sistemi di propulsione per veicoli ibridi, elettrici, alimentati mediante biocarburanti e carburanti sintetici e valuta l'uso dell'idrogeno (puro o in miscela, in motori a combustione interna o in celle a combustibile) nei trasporti. Batterie e stack di celle a combustibile commerciali sono sottoposti a test di funzionamento, anche in condizioni di abuso, per verificarne le prestazioni, la durabilità e il livello di sicurezza.

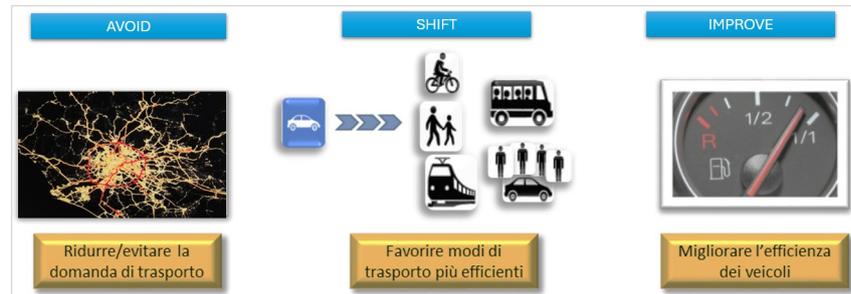


Figura 1: Punti d'intervento per mitigare le emissioni del trasporto. Fonte: elaborazione ENEA

Per le batterie, è stata sviluppata e brevettata una metodologia per la verifica dello "Stato di Salute" delle singole celle e valutarne la possibilità di riuso in "second life".

Per la parte di sviluppo di nuove tecnologie, il Laboratorio si è recentemente focalizzato su prototipi per la ricarica dei veicoli a batteria, autovetture e autobus, proponendo soluzioni innovative per l'accumulo energetico di terra e di bordo nella ricarica ad alta potenza, con l'impiego di volani e supercondensatori. Inoltre, ha sviluppato soluzioni per la ricarica wireless statica e dinamica e dispositivi per l'integrazione dei veicoli con le reti elettriche (vehicle-to-grid, vehicle-to-home).

Attualmente sta collaborando allo sviluppo di un sistema di trasporto collettivo a chiamata, alimentato elettricamente e in grado di aggregare le singole unità veicolari tramite platooning in caso di sovrapposizione dei percorsi.

Inoltre, il Laboratorio svolge sviluppo di modelli, diagnostica e soluzioni tecnologiche per celle a combustibile nel trasporto pesante, applicazioni off-road e logistiche e sta potenziando

do i propri impianti di ricerca per il test di sistemi di propulsione di veicoli innovativi di piccola e grande taglia ad alimentazione ibrida, elettrica a batterie o celle a combustibile, biocarburanti e carburanti sintetici.

Parallelamente a questa attività sperimentale, il Laboratorio si dedica alla realizzazione di software di supporto a strategie locali (specialmente in ambito urbano) volte a contenere il fabbisogno di mobilità, incrementare le quote modali dei trasporti meno energivori e favorire l'uso di veicoli "green". In tale ambito, sta mettendo a punto modelli di analisi del comportamento della mobilità individuale e collettiva a partire da big e open data e per la pianificazione territoriale di dettaglio dell'infrastruttura di ricarica, in funzione di scenari di progressiva penetrazione dei veicoli a batteria nel parco circolante.

Infine, il Laboratorio MOST svolge analisi di impatto energetico, ambientale ed economico delle politiche per la sostenibilità e la decarbonizzazione dei trasporti, estese all'intero ciclo dei vettori energetici "dalla fonte alla ruota".

per info: francesco.vellucci@enea.it

La conoscenza del patrimonio edilizio nazionale per pianificare l'efficientamento energetico

L'analisi della consistenza del parco immobiliare italiano e la definizione dello stato attuale della sua prestazione energetica rappresentano il punto di partenza imprescindibile per delineare i futuri scenari di efficientamento energetico, nel rispetto delle direttive europee EED ed EPBD, le cui recenti rifusioni impongono sfidanti obiettivi di riqualificazione per i prossimi decenni.

DOI 10.12910/EAI2024-062

di Francesca Caffari, Nicolandrea Calabrese, Giovanni Murano, Laboratorio efficienza energetica negli Edifici e Sviluppo Urbano - ENEA

Con il Green Deal, proposto dalla Commissione nel 2019, i paesi europei si sono impegnati a rendere l'UE climaticamente neutra entro il 2050 e a portare al 55% gli obiettivi di riduzione delle emissioni entro il 2030. Per rispettare tali sfide, nel 2021 è stato presentato un pacchetto legislativo noto come "Pronti per il 55%", di cui sono parte integrante le rifusioni della Direttiva sull'efficienza energetica EED (Dir. UE 2023/1791 del 13 settembre 2023) e della Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia EPBD (Dir. UE 2024/1275 del 24 aprile 2024). Per analizzare gli obiettivi posti dalle nuove direttive e finalizzare i contenuti del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha istituito a ottobre 2023 dei tavoli di lavoro tematici, che hanno visto il coinvolgimento di ministeri e istituti competenti. **Nell'ambito del tavolo sul settore civile, ENEA è stata incaricata, tramite il Dipartimento Unità Efficienza energetica (DUEE), di coordinare l'attività di analisi della consistenza del parco immobilia-**

re nazionale e delle sue prestazioni energetiche, punto di partenza per stimare l'impatto delle nuove direttive e pianificare le politiche necessarie per il rispetto degli obiettivi. Il lavoro svolto, oltre a contribuire al testo definitivo del PNIEC inviato alla Commissione a luglio 2024 ^[1], ha portato alla pubblicazione del rapporto **"La consistenza del parco immobiliare nazionale"** ^[2]. Facendo riferimento a diverse fonti di dati, lo studio pubblicato da ENEA ha individuato, per ogni finalità d'uso, il numero di edifici, il numero di unità immobiliari e le relative superfici (Tabella 1), riportando quando possibile, sulla base delle informazioni a disposizione, la ripartizione per zona climatica e regione italiana.

Oltre 3,5 miliardi di m² di unità immobiliari a uso residenziale

L'analisi ha evidenziato che sul territorio nazionale la quota maggiore di superficie degli edifici è destinata a uso residenziale, con oltre 3,5 miliardi di m². Per quanto riguarda il settore terziario privato, comprendente uffici, commercio e alberghi, si stima

una superficie lorda totale di circa 528 milioni di m², di cui 359 in edifici a uso esclusivo o prevalente. A questi si aggiungono circa 264 milioni di m² di edifici di servizio pubblico, incluse le strutture scolastiche, sanitarie e culturali di proprietà privata.

Particolare approfondimento è stato dedicato alle pubbliche amministrazioni, che in accordo con l'Articolo 6 della Direttiva 2023/1791 (EED) dovranno garantire la ristrutturazione annua di almeno il 3% della superficie coperta utile dei propri edifici per trasformarli in edifici a emissioni zero, o quanto meno in edifici a energia quasi zero. Per la definizione del parco immobiliare di proprietà pubblica, è stata fondamentale la collaborazione del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF), che tramite il Dipartimento dell'Economia effettua la ricognizione degli immobili ai sensi dell'art. 2, comma 222, della Legge del 23 dicembre 2009 n. 191. Escludendo le strutture non riscaldate o non utilizzate, i fabbricati per attività produttive, gli edifici di culto, gli impianti sportivi e altre categorie residuali, la superficie totale pubblica

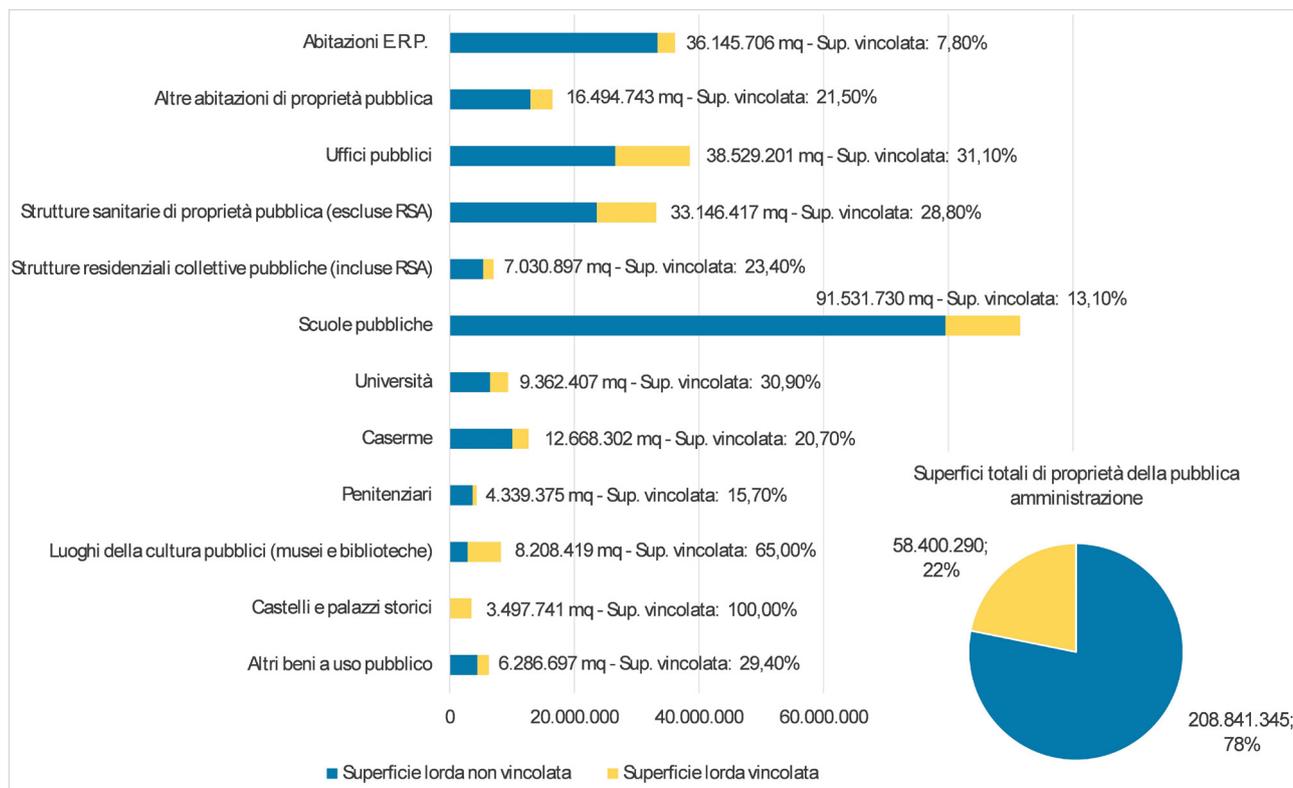


Figura 1: Riepilogo superfici di proprietà pubblica per finalità d'uso (m²). Fonte: Elaborazione ENEA su dati MEF.

risulta pari a 267 milioni di m².

Grazie ai dati trasmessi dal MEF è stato inoltre possibile individuare le superfici degli immobili con vincoli culturali e paesaggistici che, secondo il già citato Articolo 6, possono essere oggetto di requisiti meno rigorosi rispetto a quelli degli edifici a emissioni zero.

L'analisi ha evidenziato come la superficie degli edifici pubblici sottoposti a tutela ai sensi degli articoli 12, 13, 45, 140 e 142 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs. n. 42/2004) incida in modo significativo sul totale, soprattutto per alcune destinazioni d'uso (Figura 1). **Dallo studio emerge inoltre che la superficie lorda complessiva non sottoposta a vincolo, su cui è concretamente possibile raggiungere l'obiettivo di trasformazione in edifici a zero emis-**

sioni, agendo sia sull'involucro che sui sistemi impiantistici, è di circa 209 milioni di m², corrispondente a una superficie netta riscaldata di circa 167 milioni di m², che si riducono a 130 milioni di m² escludendo le unità immobiliari residenziali pubbliche potenzialmente oggetto di deroga.

Comprendere l'impatto energetico, economico e sociale delle ristrutturazioni

Solo conoscendo la superficie su cui bisogna intervenire e tenendo conto delle peculiarità legate alle destinazioni d'uso e alle esigenze di tutela, è possibile delineare dei piani di riqualificazione realistici e comprendere l'impatto energetico, economico e sociale delle ristrutturazioni. Per questo, il lavoro svolto per determinare la consistenza del parco immobiliare

rappresenta il punto di partenza per ipotizzare degli scenari di rinnovamento che siano in linea con gli obiettivi definiti dalle nuove direttive e dal PNIEC. Il passo successivo consiste nel determinare la prestazione energetica media degli edifici in Italia e nel definire una traiettoria per la loro riqualificazione progressiva, considerando lo sfidante traguardo di decarbonizzazione del parco edilizio entro il 2050. A tale fine, il Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE) può rivestire un ruolo fondamentale, consentendo di ricostruire lo stato dell'arte della prestazione energetica del patrimonio immobiliare nazionale e di monitorarne il miglioramento negli anni a venire (Figura 2).

[per info: francesca.caffari@enea.it](mailto:francesca.caffari@enea.it)

Finalità d'uso	Numero totale di edifici/strutture	Superficie edifici a destinazione esclusiva o prevalente (m ²)	Numero totale di unità immobiliari	Superficie totale (m ²)
Residenziale totale (incluse abitazioni pubbliche)	12.420.403 [3]	3.049.806.182 [3]	35.271.829 [5]	3.535.892.926 [5]
Commercio	259.951 [3]	287.140.200 [3]	-	402.352.100 [3]
Alberghi	27.143 [3]	36.550.400 [3]	-	36.550.400 [3]
Uffici privati	57.129 [3]	35.167.597 [3]	654.761 [4]	89.490.309 [4]
Uffici pubblici	17.229 [3]	27.845.573 [3]	38.375 [8]	38.529.201 [8]
Strutture sanitarie SSN	12.474 [6]	-	-	42.331.384 [6], [8]
Strutture sanitarie private accreditate	16.506 [6]	-	-	21.298.660 *
Strutture residenziali collettive pubbliche non sanitarie	-	-	533 [8]	1.139.750 [8]
Scuole pubbliche	41.964 [7]	-	49.125 [7], [8]	91.531.730 [7], [8]
Scuole private	12.677 [7]	-	-	22.818.600 *
Università	-	-	1.878 [8]	9.362.407 [8]
Caserme	2.489 [3]	-	10.410 [8]	12.668.302 [8]
Penitenziari	198 [3]	-	304 [8]	4.339.375 [8]
Luoghi della cultura pubblici	8.700 [9]	-	10.805 [8]	8.208.419 [8]
Luoghi della cultura privati	3.033 [9]	-	-	2.123.100 *
Castelli e palazzi storici	-	-	2.312 [8]	3.497.741 [8]
Altri beni a uso pubblico	-	-	7.532 [8]	6.286.697 [8]

Tabella 1: Edifici e unità immobiliari presenti in Italia per finalità d'uso

*Superficie basata su stime ENEA a partire dai dati acquisiti da fonti varie.



Figura 2: Traiettorie di riduzione dell'E_{pgl,nren} medio (kWh/m² anno) del parco immobiliare residenziale definita sulla base dei dati presenti sul SIAPE. Fonte: ENEA

Riferimenti

1. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2024), PNIEC. Disponibile al link: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2024_revfin_01072024%20errata%20corrige%20pulito.pdf
2. F. Caffari, N. Calabrese, G. Murano, P. Signoretti (2024), "La consistenza del parco immobiliare", ISBN Edizione digitale: 978-88-8286-482-8. Disponibile al link: <https://www.pubblicazioni.enea.it/download.html?task=download.send&id=698:la-consistenza-del-parco-immobiliare-nazionale&catid=3>
3. Ministero della Transizione Ecologica, STREPIN 2021, elaborazioni Cresme ed ENEA su dati 2018. Disponibile al link: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/STREPIN_2020_rev_25-11-2020.pdf
4. Agenzia delle Entrate, Statistiche catastali 2020. Disponibile al link: https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documenti/20143/263802/Statistiche_Catastali_2020_20210722.pdf/33a6de08-0c68-5234-3699-dab1d9c63f89
5. ISTAT, Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni, dati 2021. Disponibile al link: <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/>
6. Ministero della Salute, Annuario Statistico del Servizio Sanitario Nazionale 2021. Disponibile al link: https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3299_allegato.pdf
7. Ministero dell'Istruzione e del Merito, Portale Unico dei Dati della Scuola. Dati anno scolastico 2019/2020. Disponibile al link: <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/>
8. Ministero dell'Economia e delle Finanze, banca dati 2019. Disponibile al link: https://www.de.mef.gov.it/it/attivita_istituzionali/patrimonio_pubblico/censimento_immobili_pubblici/open_data_immobili/index.html
9. ISTAT. Per i musei: Indagine sui musei e le istituzioni similari: microdati ad uso pubblico, dati 2021 (<https://www.istat.it/microdati/indagine-sui-musei-e-le-istituzioni-similari/>); per le biblioteche: Censimento sulle biblioteche pubbliche e private: microdati ad uso pubblico, dati 2021 (<https://www.istat.it/microdati/censimento-sulle-biblioteche-pubbliche-e-private-microdati-ad-uso-pubblico/>).

Comunicare le certezze degli scienziati per modificare le percezioni errate

Il cambiamento climatico è riconosciuto dalla comunità scientifica come un fattore di crisi e divulgarlo aiuta a contrastare le percezioni errate. Lo sostiene uno studio pubblicato su "Nature Human Behaviour", che ha coinvolto 27 Paesi di 6 continenti. Secondo il fisico del clima del CNR Antonello Pasini "solo una maggiore cultura scientifica può far evolvere definitivamente da certe posizioni", mentre per il climatologo dell'ENEA Gianmaria Sannino non dobbiamo arrenderci pensando che chi non crede al cambiamento climatico non cambierà mai idea.

DOI 10.12910/EA12024-063

di Alice Avila, Unità Relazioni e Comunicazione - ENEA

Comunicare che gli scienziati non hanno dubbi sul cambiamento climatico è un'arma vincente per sradicare le convinzioni sbagliate.

Lo sostiene lo studio "A 27-country test of communicating the scientific consensus on climate change", pubblicato sulla rivista "Nature Human Behaviour" (<https://www.nature.com/articles/s41562-024-01928-2>) e realizzato da quarantasei docenti universitari europei e statunitensi con il coordinamento di Bojana Većkalov dell'università di Amsterdam e di Sandra Geiger dell'università di Vienna.

In ventisette Paesi (Italia inclusa) di sei continenti è stata testata su oltre 10 mila persone l'efficacia di due messaggi: uno sulla causa antropica del cambiamento climatico, l'altro sull'opinione condivisa tra gli scienziati che il cambiamento climatico sia una crisi. Come si legge nella ricerca, il primo "ha l'effetto di ridurre considerevolmente le opinioni sbagliate e di aumentare moderatamente la consapevolezza sul problema e la preoccupazione, ma non si trasforma in

sostegno diretto all'azione pubblica. Il secondo è altrettanto efficace, ma non produce un valore aggiunto. Entrambi i messaggi fanno presa su un pubblico con una minore familiarità con l'argomento e maggiori percezioni errate, inclusi coloro che hanno meno fiducia negli scienziati del clima e chi è incline alle ideologie di destra. In sintesi, **diffondere il consenso**

scientifico è uno strumento efficace e non polarizzante per modificare le opinioni sbagliate e la preoccupazione di pubblici diversi".

Secondo il fisico del clima del CNR Antonello Pasini, il risultato complessivo dello studio è positivo, ma parziale: "lo credo che sia comprensibile che una maggiore informazione sul consenso scientifico spinga a essere





più consapevoli del problema climatico, ma questo non sconfiggerà il negazionismo più spinto. Nel mondo di oggi, infatti, in cui i social propagano le idee più strane, complottiste e 'anti-sistema', solo una maggiore cultura scientifica, che significa conoscenza dei metodi della scienza e non soltanto dei risultati o del consenso, può far evolvere definitivamente da certe posizioni".

Ma passare dalla conoscenza all'azione non è automatico, come sostiene lo studio. Osserva Pasini: "La conoscenza razionale non basta. Occorre essere intimamente convinti della necessità di azioni, siano personali, di gruppo o politiche. C'è sempre più bisogno che la divulgazione scientifi-

ca venga effettuata con nuovi mezzi che coinvolgano non soltanto la sfera razionale".

Per Gianmaria Sannino, responsabile del Laboratorio ENEA di Modellistica climatica, "questo studio arriva in un momento cruciale, in cui la disinformazione sul cambiamento climatico rappresenta un serio ostacolo alla mobilitazione collettiva. Dimostra che far conoscere il consenso scientifico può ridurre in modo significativo le false credenze sul tema. Anche se l'effetto diretto sul sostegno alle politiche pubbliche è ancora limitato, questo rappresenta comunque un passo fondamentale verso una maggiore consapevolezza e preoccupazione per il cambiamento climatico".

Inoltre, come osserva Sannino, ci sono margini per rivolgersi a chi è scettico o meno informato: "Una cosa che mi ha colpito molto è che lo studio mostra come il messaggio sia più potente per chi conosce meno il consenso scientifico o ha meno fiducia negli scienziati. **Non dobbiamo arrenderci pensando che chi non crede al cambiamento climatico non cambierà mai idea.** Questo lavoro, quindi, non solo è utile, ma anche incoraggiante. È come se ci dicesse: 'Non smettete di parlare di scienza, persino quando sembra inutile. Le persone possono cambiare idea e ogni piccolo passo conta'".

per info: alice.avila@enea.it

Ricerca ENEA & Agrivoltaico per la resilienza al cambiamento climatico

Nel quadro del cambiamento climatico, l'agrivoltaico, e cioè la combinazione sinergica dell'uso del suolo per generazione elettrica da fotovoltaico e produzione di cibo, è stato oggetto di una sempre maggiore attenzione negli ultimi anni. Tale interesse è in prima istanza legato al suo potenziale contributo alla mitigazione del cambiamento climatico, ponendosi come modalità di generazione di energia elettrica da fotovoltaico che può risolvere i conflitti legati all'uso del suolo agricolo per generare energia.

DOI 10.12910/EAI2024-064

di Alessandra Scognamiglio, Sezione Supporto Tecnico Strategico del Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti rinnovabili - ENEA

Nel quadro del cambiamento climatico, l'agrivoltaico, e cioè la combinazione sinergica dell'uso del suolo per generazione elettrica da fotovoltaico e produzione di cibo, è stato oggetto di una sempre maggiore attenzione negli ultimi anni. Tale interesse crescente è confermato da una recente review sulle ricerche pubblicate negli ultimi 20 anni, che valuta in oltre il 18% per anno l'incremento di studi sul tema agrivoltaico ^[1].

Tale interesse è in prima istanza legato al suo potenziale contributo alla mitigazione del cambiamento climatico, ponendosi come modalità di generazione di energia elettrica da fotovoltaico che può risolvere i conflitti legati all'uso del suolo agricolo per generare energia. Ma le ricerche confermano con sempre maggiore evidenza anche il suo interesse rispetto alla resilienza dei sistemi produttivi agricoli al cambiamento climatico. Sono, infatti ampiamente riconosciuti in letteratura i potenziali effetti benefici dell'agrivoltaico sui sistemi agricoli del futuro, specialmente legati alla possibilità di incrementare la produzione di cibo in climi aridi, o

che sperimentano problemi derivanti dalla siccità sempre più diffusa e frequente, grazie alla protezione delle colture offerta dai moduli fotovoltaici (condizioni climatiche meno variabili che senza protezione, protezione meccanica, ombreggiamento delle colture) ed alla conseguente potenziale migliore produzione (maggiore quantità e migliore qualità dei prodotti agricoli), anche in presenza di un significativo risparmio idrico.

Impiego dell'agrivoltaico e incremento delle rese

In questo senso, le applicazioni dell'agrivoltaico ai vitigni forniscono un chiaro esempio delle potenzialità di questo approccio. In paesi come la Francia e l'Italia, a fronte di una generale diminuzione della produzione agricola collegata anche agli effetti del cambiamento climatico (ondate di calore, gelate tardive ed eventi estremi), l'impiego dell'agrivoltaico ha consentito un incremento della resa dell'uva coltivata sotto i moduli fotovoltaici.

In linea con questo quadro generale di interesse per l'agrivoltaico, nel nostro paese la misura "Sviluppo Agri-

voltaico", prevede una misura di finanziamento dedicata all'agrivoltaico legata al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. I fondi sono riservati a impianti innovativi, con moduli elevati da terra e dotati di sistemi di monitoraggio che dovranno fornire dati in merito alla resilienza al cambiamento climatico, con specifico riferimento, ad esempio, al risparmio idrico ed alla resa agricola dei sistemi implementati.

La ricerca in ambito ENEA si colloca in questo contesto di massima, e pone una specifica attenzione alle tematiche legate al paesaggio, in considerazione delle peculiarità del contesto nazionale, in cui la sentita minaccia di una trasformazione non controllata del paesaggio è spesso una barriera all'introduzione delle rinnovabili, e del fotovoltaico in particolare. A partire dal 2021, l'Agenzia ha lavorato nell'ambito di una definizione originale di "Agrivoltaico Sostenibile", che si riferisce a soluzioni "sartoriali" per l'agrivoltaico che supportino la trasformazione sostenibile del paesaggio agrario, e copre attività trasversali che includono anche la messa a punto di strumenti operativi e

tecniche per la sua implementazione¹. In particolare, il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN) lavora su attività che sono di rilievo sia nel panorama nazionale che in quello europeo, ed internazionale. Queste includono la messa a punto di quadri conoscitivi e strumenti adatti a supportare una visione per l'Agrivoltaico Sostenibile, e la realizzazione di dimostratori a diverse scale per validare scelte tecnologiche e prestazioni di impianti con diverse configurazioni.

A ciò si affianca il coinvolgimento dei principali attori del processo di implementazione dell'agrivoltaico anche al fine di supportare la creazione di una filiera nazionale orientata a progetti di alta qualità per l'integrazione del fotovoltaico nel settore agricolo. Quest'ultima attività include la presidenza dell'Associazione Italiana Agrivoltaico Sostenibile (AIAS).

Coerentemente con il quadro sopra delineato, gli studi condotti coprono aspetti volti a fornire soluzioni nell'ottica della resilienza al cambiamento climatico, e vanno dalla messa a punto di metodologie e indicatori adeguati alla individuazione di potenziali siti per l'implementazione; alla ricerca di soluzioni innovative per il controllo delle condizioni di crescita delle specie vegetali in abbinamento al fotovoltaico (serre fotovoltaiche ed integrazione di fotovoltaico e fotobiorattori); fino alla sperimentazioni di

soluzioni da impiegare in condizioni di deficit idrico (abbinamento tra agrivoltaico e dissalatori) ed alla verifica degli effetti dell'agrivoltaico su produzioni tipiche dell'ambiente mediterraneo (agrumi, vite).

Le principali attività del dipartimento TERIN sul tema dell'agrivoltaico

Nell'ambito dell'International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS), insieme a NREL (National Renewable Energy Laboratories, US), dall'aprile 2024 ENEA conduce l'Action Group Agrivoltaics. Questo ha lo scopo di individuare le nuove esigenze di ricerca in ambito IEA PVPS, a partire dalla sistematizzazione delle ricerche attualmente in corso. Finora sono emersi quattro principali settori di sviluppo della ricerca sull'agrivoltaico: standardizzazione (metriche e definizioni; principi guida; ampliamento dei criteri di valutazione); integrazione con l'agricoltura (priorità; tecnologie ed innovazioni per l'agricoltura); la necessità di approfondimenti tecnici per garantire la futura implementazione dell'agrivoltaico (strumenti semplici di valutazione delle prestazioni; modelli di business; contratti; best practices); la necessità di una adeguata strutturazione socio-politica del tema (comparazioni tra paesi; partecipazione sociale; dinamiche di giustizia ed equità sociale).

In ambito europeo, ENEA partecipa

al progetto europeo SYMBIOSYST² – **Create a Symbiosis where PV and agriculture can have a mutually beneficial relationship**, Horizon Europe Innovation Action (Gennaio 2023-Dicembre 2026), con la messa a punto di strumenti di modellazione per l'integrazione dell'agrivoltaico con il paesaggio, e il coordinamento delle attività relative al coinvolgimento dei diversi stakeholders, al fine di migliorare la partecipazione delle comunità all'implementazione dell'agrivoltaico, con specifico riferimento agli impatti sul paesaggio, e alla sua trasformazione sostenibile. La finalità, tra le varie, è la redazione di linee guida per l'integrazione dell'agrivoltaico nel paesaggio, e la realizzazione di un catalogo di soluzioni e best practices^[2].

Tra le attività concluse vi è lo sviluppo di una metodologia e di uno strumento digitale (web-) GIS-based per la modellazione del paesaggio per una pianificazione e uno sviluppo sostenibile dell'agrivoltaico (Figura 1)³.

La riduzione degli impatti visivi

Un aspetto importante per l'efficace implementazione dell'agrivoltaico è la riduzione degli impatti visivi ad esso associati. In tal senso, un approccio progettuale è adoperare il criterio della "visibilità minima e massima verosimiglianza"^{[3] [4]}. Allo scopo, è dunque necessario riuscire a modellare il pattern tridimensionale dell'unità di paesaggio in cui si inseri-

¹ Le attività sono svolte attraverso la partecipazione dei ricercatori che compongono la Task Force ENEA Agrivoltaico Sostenibile, che coinvolge il Dipartimento TERIN ed il Dipartimento Sostenibilità, Circolarità e Adattamento al Cambiamento Climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSTP), ed è stata istituita con delibera presidenziale del 2021. L'istituzione della Task Force è avvenuta su proposta della Divisione Solare Fotovoltaico (TERIN-SPV), che opera tra l'altro per la diffusione delle applicazioni fotovoltaiche in vari contesti con particolare attenzione all'impiego ed integrazione del fotovoltaico negli edifici (BIPV), nel paesaggio e nel settore agricolo, sviluppando approcci metodologici innovativi (Agrivoltaico Sostenibile) nel rispetto del connubio energia-agricoltura-paesaggio.

² Il progetto coinvolge in maniera trasversale il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN) ed il Dipartimento Sostenibilità, Circolarità e Adattamento al Cambiamento Climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSTP). In particolare, per TERIN partecipano al progetto la Sezione Supporto Tecnico Strategico (STS), la Sezione Metodologie, approcci e strumenti per l'analisi della sostenibilità delle tecnologie energetiche (STE), la Divisione Solare Fotovoltaico (TERIN-SPV), la Divisione Smart Sector Integration e generazione distribuita da FER (SSI) attraverso il Laboratorio Energia e Data Science (SSI-EDS). Per SSTP partecipa al progetto la Divisione Impatti Antropici e del Cambiamento Climatico sul Territorio (IMPACT).

³ Per dettagli: Grazia Fattoruso, TERIN-SSI-EDS, grazia.fattoruso@enea.it

sce l'intervento, per poi progettare il sistema tecnologico in armonia con esso.

In tale direzione, e in linea con i principi generali dell'ecologia del paesaggio, lo strumento GIS-based sviluppato consente: la valutazione dell'idoneità del sito di interesse secondo un insieme di criteri sia solari che agricoli propriamente definiti; la valutazione degli impatti visivi sul paesaggio attraverso un concetto originale di analisi di visibilità; la modellizzazione e quantificazione degli elementi del paesaggio tramite Reality Mapping e GeoAI basati su metriche paesaggistiche originali a supporto delle scelte progettuali preliminari per integrare l'agrivoltaico nel paesaggio (es. dimensioni delle patch, geometria, orientamento, etc.). Questo strumento è di ausilio nel dialogo con decisori locali che vogliono sviluppare sistemi agrivoltaici aderenti ad obiettivi di qualità sito-specifici: è possibile, infatti, integrare l'analisi con ulteriori livelli informativi, che possano essere di supporto alle scelte operate dalle amministrazioni.

Nuove frontiere dell'agrivoltaico

Nell'ambito di un contratto tra ENEA ed Enel Green Power (AgriPhoto-Voltaic, Multipurpose land use PV mitigation, Integrazione produzione microalghe con impianto solare), è stato messo a punto un concetto innovativo per lo sviluppo futuro dell'agrivoltaico, marchio depositato nel 2021 con il nome di Algovoltaico/Algaevoltaics, ed è stato realizzato un dimostratore presso il Centro Ricerche ENEA di Portici (Figura 2). Si tratta di una soluzione integrata per l'abbinamento della produzione di microalghe alla generazione di energia da fotovoltaico, con una configurazione spaziale adatta al layout di impianto fotovoltaico standard (ciò rende la soluzione adatta anche ai casi di

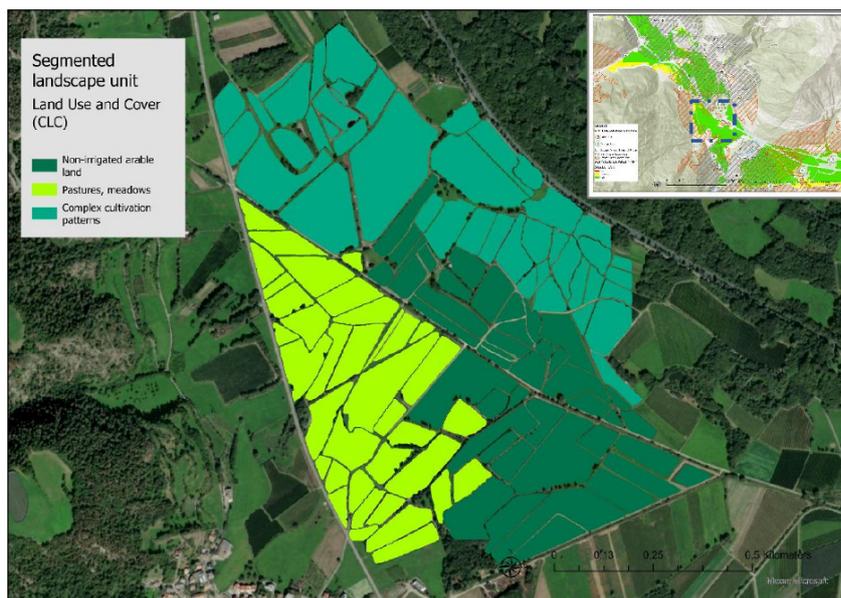


Figura 1. Esempio di applicazione dello strumento digitale (web-) GIS-based per la modellazione del paesaggio per una pianificazione e uno sviluppo sostenibile dell'agrivoltaico: vista di output dello di un'unità di paesaggio in Trentino-Alto Adige. Modellazione della geometria delle tessere agricole ricadenti all'esterno delle zone di visibilità (i.e. aree tratteggiate nella mappa in alto a destra).



Figura 2: Impianto Algovoltaico™. Il dimostratore realizzato alla fine del 2023 presso il Centro Ricerche ENEA di Portici è costituito da due generatori distinti, uno realizzato con 9 moduli monofacciali, l'altro realizzato con 9 moduli bifacciali, disposti su tre file da tre per una potenza nominale del singolo sottosistema di 3,4kW_p. I fotobioreattori sono integrati in entrambi i sottosistemi, e allo scarico dei circuiti è collegata un'unica centrifuga per la separazione delle microalghe dall'acqua di coltura e la raccolta (~30kg/anno). Le prestazioni dell'impianto sono monitorate e valutate, e sono in corso attività di ottimizzazione in vista di ulteriori attività di ricerca.

revamping o repowering di impianti esistenti). L'impiego di fotobioreattori tubolari per la crescita delle microalghe consente un controllo continuo delle condizioni in ambiente di cresci-

ta, con notevoli vantaggi rispetto ad una coltivazione in pieno campo, soggetta invece alle continue variazioni ambientali. Le condizioni di crescita, anche in funzione dell'ombreggia-

mento, possono così essere variate in funzione anche della massima produzione della specie vegetale coltivata. Nell'ambito del **Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale**⁴, si sono sviluppate soluzioni per l'**integrazione di moduli e dispositivi fotovoltaici per l'ottimizzazione della trasmissione luminosa adeguata alla crescita delle colture**. Durante questo trien-



Figura 3: Dimostratore agrivoltaico in pieno campo, con impiego di vetri fotovoltaici progettati da ENEA per una piena funzionalità rispetto alla trasmissione luminosa all'interno della serra ed all'integrazione con il contesto di pregio. Presso l'Orto Botanico realizzato presso il giardino della Reggia Borbonica di Portici, sede del Museo delle Scienze Agrarie (MUSA) e della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Vetri fotovoltaici realizzati da SunAge.

nio sono stati realizzati dimostratori alla grande (100m²), media (10m²) e piccola (0,001m²) scala^{[5][6]}. Per il dimostratore alla grande scala (serra) sono stati disegnati e realizzati vetri fotovoltaici che attraverso un pattern decorativo (pensato per il contesto di inserimento, l'Orto Botanico realizzato presso il giardino della Reggia Borbonica di Portici, oggi sede del Museo delle Scienze Agrarie-MUSA e della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II) conseguono condizioni ottimali di trasmissione luminosa in funzione delle necessità delle piante ospitate all'interno della serra (Figura 3)⁵.

Tra le attività condotte durante il triennio 2022-2024 sono stati sviluppati: dispositivi fotovoltaici per l'integrazione in serre fotovoltaiche⁶; un dimostratore in pieno campo presso Scalea (CS)⁷; un sistema GIS per l'identificazione di siti adatti all'agrivoltaico sostenibile a livello regionale⁸.

Agrivoltaico, colture mediterranee e sistemi di dissalazione

Nello specifico, sono state realizzate **celle solari a film sottile di Si spettralmente selettive per applicazione in serre fotovoltaiche** (Figura 4). L'attività ha incluso la realizzazione e caratterizzazione di celle solari a film sottile di Si spettralmente selettive su area di 1 cm²; la realizzazione di un prototipo di serra su piccola scala con una appropriata sorgente di illuminazione a LED per studiare l'uso integrato della luce per fotovoltaico e foto-



Figura 4: Test sperimentali di crescita di piante di lattuga, illuminate dalla radiazione solare filtrata da vetri spettralmente selettivi sviluppati ad hoc.

sintesi in un ambiente controllato; la realizzazione e caratterizzazione di celle solari organiche di piccola area (circa 25 mm²) con materiale attivo adattato per garantire una buona trasmittanza nel range 400-700nm^[7]. È stato poi realizzato, ed è oggetto di monitoraggio, un **dimostratore agrivoltaico elevato, avanzato a Scalea (Figura 5)**⁹, in collaborazione con



Figura 5: Dimostratore agrivoltaico elevato innovativo in pieno campo, con coltivazione di agrumi, collocato a Scalea (CS).

⁴ Per info: Paola Delli Veneri, TERIN-SPV, paola.delliveneri@enea.it

⁵ Per info: Responsabile scientifico TERIN-STs: Alessandra Scognamiglio, alessandra.scognamiglio@enea.it

⁶ Attività condotta dal laboratorio Dispositivi Innovativi della Divisione Solare Fotovoltaico. Per dettagli: Lucia Vittoria Mercaldo, TERIN-SPV-DIN, lucia.mercaldo@enea.it

⁷ Attività condotta dalla Divisione Solare Fotovoltaico (TERIN-SPV), in collaborazione con la Sezione Supporto Tecnico Strategico (STS). Per info: Paola Delli Veneri, TERIN SPV, e Alessandra Scognamiglio TERIN-STs, alessandra.scognamiglio@enea.it

⁸ Attività condotta dalla Divisione Solare Fotovoltaico (TERIN-SPV) insieme alla Sezione Supporto Tecnico Strategico (STS), in collaborazione con il Laboratorio Energia e Data Science dalla Divisione Smart Sector Integration e generazione distribuita da FER. Per info: Grazia Fattoruso, TERIN-SSI-EDS, grazia.fattoruso@enea.it

⁹ Per info generali: Alessandra Scognamiglio, TERIN-STs, alessandra.scognamiglio@enea.it. Per info su aspetti strutturali ed impiantistici Carmine Cancro, TERIN-SSI-SGRE, carmine.cancro@enea.it. Per info su aspetti agronomici: Federica Colucci, SSPT-IMPACT, federica.colucci@enea.it

operatori del settore energetico ed agricolo. (EF Solare, Le Greenhouse, SET Energie). Si tratta di un impianto agrivoltaico con moduli fissi, della potenza nominale di 18kW_p, composto da quattro file di moduli fotovoltaici distanziati di 5m all'interasse, e collocati su strutture di supporto verticali ad un'altezza di circa 3m da terra, circa. L'impianto protegge una coltura di agrumi, ed il sistema è equipaggiato per il monitoraggio dei parametri agronomici in funzione delle principali condizioni ambientali. **Nell'ottica di sperimentare soluzioni che siano replicabili in contesti simili, e possano quindi fornire un contributo di ricer-**

ca rispetto al tema della mitigazione degli impatti sull'agricoltura dovuti al cambiamento climatico, l'energia generata dal fotovoltaico è impiegata in un sistema di dissalazione. Gli studi condotti su questo dimostratore vedono la collaborazione con il Dipartimento di Architettura (DiArc) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II per le tematiche ambientali; e con il Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.) - Sezione di Arboricoltura - Università degli Studi di Bari Aldo Moro.

È stata infine messa a punto una **metodologia originale di analisi di site**

suitability per l'agrivoltaico sostenibile che ha consentito di elaborare una **mappa interattiva nazionale del potenziale agrivoltaico a scala regionale** ^[8]. L'idoneità delle aree è valutata sulla base di un insieme originale di criteri multidimensionali, orientati alla ottimizzazione della produzione del sistema agrivoltaico (minimizzazione uso del suolo, resa energetica, produzione agricola), ma anche a fornire una soluzione per fare fronte agli effetti del cambiamento climatico. Tra gli indicatori scelti, c'è infatti la scarsità di acqua (water deficit) ¹⁰.

per info: alessandra.scognamiglio@enea.it

Bibliografia

1. Ephraim Bonah Agyekum, A comprehensive review of two decades of research on agrivoltaics, a promising new method for electricity and food production, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 72, 2024, 104055, ISSN 2213-1388, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.104055>.
2. David Moser, Martin Thalheimer, Alessandra Scognamiglio, Pascal Vullo, Giuseppe Demofonti, Harald Häberlein, Marcel Macarulla, Arvid van der Heide, Hesam Ziar, Jens Moschner, Angelo Pignatelli, James Macdonald, Niels Groen, Jonathan Leloux, Mohammed Gofran Chowdhury, Jennifer Porter, Sadiq van Overbeek, Paolo Picchi, From the Design to the Implementation, a Symbiosis Where PV and Agriculture Can Have a Mutually Beneficial Relationship, EUPVSEC 2023, pp. 020432-001 - 020432-035, ISBN 3-936338-88-4.
3. Richard T.T. Forman. (1995) Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, Cambridge
4. Scognamiglio A., 'Photovoltaic landscapes': Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 55, 2016, Pages 629-661, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072>.
5. Alessandra Scognamiglio, Lucia V. Mercaldo, Marco Della Noce, Manuela Ferrara, Paola Delli Veneri, Carlos Alberto Toledo Arias, Fabrizio Carteni, F. Giannino, Maurizio Zotti, N. Salvatori, S. Mazzoleni, Re-Uniting Photosynthesis and Photovoltaics: Design for Architectural Greenhouses, Proceedings EUPVSEC 2020, ISBN 3-936338-73-6, DOI 10.4229/EUPVSEC20202020-6CV.2.36.
6. Alessandra Scognamiglio, Carlos Alberto Toledo Arias, Lucia V. Mercaldo, Marco Della Noce, Manuela Ferrara, Fabrizio Carteni, Maurizio Zotti, Stefano Mazzoleni, Paola Delli Veneri, Multi-scale Analysis of different PV Technologies for Greenhouses, Proceedings WCPEC 8, ISBN 3-936338-86-8.
7. Maurizio Zotti, Stefano Mazzoleni, Lucia V. Mercaldo, Marco Della Noce, Manuela Ferrara, Paola Delli Veneri, Marcello Diano, Serena Esposito, Fabrizio Carteni, Testing the effect of semi-transparent spectrally selective thin film photovoltaics for agrivoltaic application: A multi-experimental and multi-specific approach, Heliyon, Volume 10, Issue 429 (2024) Article number e26323.
8. Grazia Fattoruso, Domenico Toscano, Andrea Venturo, Alessandra Scognamiglio, Massimiliano Fabbicino, and Girolamo Di Francia. 2024. "A Spatial Multicriteria Analysis for a Regional Assessment of Eligible Areas for Sustainable Agrivoltaic Systems in Italy" Sustainability 16, no. 2: 911. <https://doi.org/10.3390/su16020911>

¹⁰ Quest'attività è stata condotta dal Laboratorio Energia e Data Science alla Divisione Smart Sector Integration e generazione distribuita da FER. Per info: [Grazia Fattoruso](mailto:Grazia.Fattoruso@enea.it), TERIN-SSI-EDS, grazia.fattoruso@enea.it

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
Laboratorio Tecnografico - Centro Ricerche ENEA Frascati

www.enea.it