

We want to build a better future for EU citizens

Kadri Simson **p. 09**

A challenging time to accelerate decarbonisation

Fatih Birol **p. 14**

Dalla crisi post-COVID un'opportunità unica

Gianni Pietro Girotto **p. 23**

Energia Ambiente e Innovazione

ENEA magazine
2/2020
eai.enea.it

ENERGIA e GREEN NEW DEAL

Strategie e metodologie per la transizione energetica e il rilancio post-COVID

LE INTERVISTE: Alberto Bombassei, Ernesto Ciorra, Pierroberto Folgiero, Roberto Morassut

Tradurre il Green Deal in fatti concreti



di **Federico Testa**,

Professore Ordinario di Economia e Gestione delle Imprese all'Università di Verona – Presidente ENEA

“La pandemia da COVID-19 non ha prodotto mutamenti nei confronti della nostra sfida al global warming né all’obiettivo di raggiungere la neutralità climatica alla metà del secolo. Per questo dobbiamo fare ogni sforzo affinché la crisi diventi un’opportunità per costruire un futuro migliore. E con il Green Deal possiamo farlo”. Questa dichiarazione di Kadri Simson, Commissario UE all’energia nell’intervista pubblicata nelle pagine che seguono, ben sintetizza la sfida che ci troviamo ad affrontare oggi, con una vera e propria onda d’urto che ha investito il settore dell’energia e il rischio di un drastico freno agli investimenti e all’espansione delle tecnologie pulite.

Nel suo editoriale, Francesco La Camera, già direttore per la sostenibilità del Ministero dell’Ambiente, oggi alla guida di IRENA, l’Agenzia Internazionale per le energie rinnovabili che rappresenta 160 Paesi, afferma che gli impatti della crisi saranno ben più ampi rispetto alle precedenti recessioni e potrebbero ridefinire e persino rimodellare il sistema energetico globale del futuro. E alcune previsioni arrivano a stimare un decremento della domanda globale di energia del 6% nel 2020, il maggiore calo da oltre 70 anni, e una diminuzione dell’8% delle emissioni globali di CO₂, il livello più basso dal 2010. Una riduzione che, purtroppo, non è da celebrare, visto che è il risultato di un blocco forzato delle attività con aumento della disoccupazione e gravi difficoltà economiche.

In questi mesi, tuttavia, abbiamo assistito anche ad un’accelerazione del declino del carbone e all’espansione delle fonti rinnovabili che, per citare il caso dell’Italia, nello scorso mese di maggio hanno raggiunto un nuovo massimo storico, coprendo oltre il 50% della domanda di energia elettrica.

Si tratta di effetti positivi che dobbiamo saper cogliere. Perché, come sottolinea l’Agenzia Internazionale per l’Energia nel ‘Sustainable Recovery Plan’, oggi i governi hanno un’occasione unica per stimolare la crescita economica, creare un’ondata di nuovi posti di lavoro e accelerare la svolta verso un futuro energetico più resiliente e pulito. Tutto ciò richiede sforzi di grande rilievo nella generazione e produzione, nelle modalità di utilizzo e di consumo e, probabilmente, anche del concetto stesso di ‘energia’.

Per quanto riguarda l’Europa, la Commissione ha proposto un piano di ampio respiro che intende sfruttare al meglio le potenzialità del bilancio dell’UE per la ripresa e dare attuazione al Green Deal, per arrivare a una leadership nelle tecnologie pulite, ad un’economia moderna, efficiente, competitiva, dove la crescita è disaccoppiata dall’uso delle risorse e l’obiettivo è migliorare la qualità della vita dei cittadini e creare una società più sostenibile e giusta.

È un progetto pienamente condivisibile, così come sono condivisibili i segnali che l’attuale Governo ha dato su queste tematiche. La sfida, ora, è di tradurlo in fatti concreti, attraverso scelte oculate, proiettate verso il futuro, che sappiano tenere conto delle diverse variabili in campo, gestendo efficacemente la transizione.

Vi è ampio consenso sul fatto che, se ben 'governato', il dopo-emergenza è l'occasione per impostare e realizzare politiche di rilancio il più sostenibili e resilienti possibile, all'insegna delle tecnologie pulite e della decarbonizzazione. Negli interventi che seguono Gianni Giroto, Presidente della X Commissione del Senato, parla di "un'opportunità unica per il dopo-crisi", Roberto Morassut, sottosegretario all'Ambiente, di un "Green New Deal roosveltiano per la ripresa del Paese", mentre Alberto Bombassei, presidente di Brembo, sottolinea la necessità di "un piano di azione strutturato per una ripresa sostenibile" e Pierroberto Folgiero, ad di Maire Tecnimont, delinea "un grande cantiere di crescita economica e sociale".

In questo contesto, il mondo della ricerca e dell'innovazione può (e deve) avere un ruolo di primo piano, anche facendo leva sulla nuova consapevolezza del suo ruolo vitale. Dopo l'emergenza che abbiamo vissuto (e che non si è ancora conclusa) sta emergendo in tutta evidenza che accrescere le risorse in questo campo consentirebbe di difenderci meglio da eventi inattesi e minacce, ma anche di avere strumenti efficaci a supporto delle politiche economiche, ambientali, sociali per contribuire alla ripresa in una chiave di competitività e sostenibilità, con ritorni misurabili in termini di innovazione, crescita, sviluppo.

Da questo punto di vista l'ENEA dispone delle competenze e del know how per sostenere la transizione del nostro Paese verso un sistema energetico sostenibile a basse emissioni di carbonio e raggiungere gli obiettivi di risparmio di energia da fonti fossili e di riduzione della CO₂. Abbiamo un'esperienza pluridecennale nella progettualità a livello nazionale e internazionale e una presenza consolidata nella governance di istituzioni che operano in questo settore. Con l'Analisi trimestrale del sistema energetico e l'indice ISPRED, siamo in grado di monitorare la transizione del sistema energetico nazionale e il nostro Dipartimento Tecnologie energetiche e fonti rinnovabili è impegnato nello sviluppo di soluzioni innovative per la produzione di energia pulita, la chimica verde, i sistemi di accumulo, la mobilità sostenibile, la smart city, le smart grid e super grid così come nella digitalizzazione e nella nuova frontiera dell'idrogeno. Come Agenzia nazionale per l'efficienza energetica siamo impegnati a 360 gradi per accrescere l'efficienza negli usi finali; sul fronte della fusione, la sfida per produrre energia inesauribile, rinnovabile, sicura per le generazioni a venire, abbiamo una leadership consolidata così come nelle strategie per l'economia circolare e la sostenibilità. E l'ENEA non è la sola istituzione in grado di offrire supporto e validi strumenti. Di fatto, quindi, si tratta di saper cogliere le potenzialità esistenti, avendo chiaro che quello che decidiamo ora è cruciale per perseguire riduzioni strutturali delle emissioni e una 'vera' transizione energetica.

Nel concludere, vorrei ringraziare personalità dello scenario internazionale come Fatih Birol e Dario Scannapieco per il loro contributo così come Ernesto Ciorra, Maurizio Delfanti, Agostino Re Rebaudengo, Luca Squeri, Giovanni Battista Zorzoli. E grazie anche a quanti in ENEA hanno collaborato alla realizzazione di questa sorta di 'Atlante' di tecnologie, metodologie, nuovi approcci e progettualità per la transizione energetica, e a tutti coloro che con il loro impegno quotidiano rendono possibile affrontare le sfide che abbiamo davanti.



Transizione energetica e Green New Deal dopo l'emergenza COVID

La transizione energetica è uno dei pilastri del Green New Deal, il piano da mille miliardi di euro per trasformare in chiave sostenibile l'economia europea, guardando all'ambiente, alla decarbonizzazione, alla crescita, all'occupazione, per arrivare a una società più inclusiva e 'giusta' e ad un'Europa *carbon neutral* alla metà del secolo. Allo stesso tempo, gli investimenti in questa direzione sono al centro di Next Generation EU, il Programma per rilanciare la crescita post crisi, puntando sulle fonti rinnovabili, l'efficienza energetica, l'economia circolare con un focus forte su ricerca, innovazione e sviluppo. Sono i temi di cui parliamo in questo numero di *Energia, Ambiente e Innovazione* che esce dopo l'emergenza COVID-19, in una fase complessa, dalle molte incognite, fra voglia di ripresa e nuovi timori, dove il settore 'green' viene visto come un'opportunità per rilanciare la crescita e lavoro.

Ma le cose stanno veramente così? O c'è il rischio di un rallentamento, se non di un ritorno indietro nel percorso di transizione energetica, per evitare costi eccessivi, in uno scenario di depressione economica e molte incertezze? Su queste tematiche intervengono personalità di livello internazionale, come **Kadri Simson**, giovane e dinamica Commissario UE all'energia, **Fatih Birol**, direttore esecutivo dell'Agenzia internazionale dell'energia, **Francesco La Camera**, direttore generale di IRENA e il vicepresidente della BEI **Dario Scannapieco**, imprenditori visionari come **Alberto Bombassei**, Presidente di Brembo, **Pierroberto Folgiero**, amministratore delegato di Maire Tecnimont, il direttore Innovability Enel **Ernesto Ciorra**.

In questo contesto è cruciale individuare le difficoltà e gli ostacoli da superare ma anche i punti di forza per fare della decarbonizzazione un'opportunità di crescita, occupazione e competitività per il nostro Paese. Nelle prossime pagine troverete le analisi e le proposte di esponenti delle istituzioni come il Presidente della X Commissione del Senato, **Gianni Girotto**, il sottosegretario all'Ambiente **Roberto Morassut**, l'onorevole **Luca Squeri**, della Commissione Attività produttive della Camera dei Deputati, dell'amministratore delegato di RSE, **Maurizio Delfanti** e di associazioni come **Agostino Re Rebaudengo**, neopresidente di Elettricità Futura e **Giovanni Battista Zorzoli**, presidente del coordinamento FREE.

Prima di augurarvi buona lettura, vorrei sottolineare il lavoro – straordinario – fatto per questo numero da tanti colleghi ENEA, con particolare riferimento al **Dipartimento Tecnologie Energetiche** e a **Gian Piero Celata** che lo ha diretto fino al giugno scorso: nel suo intervento ci fa comprendere che riuscire a fare 'buona' ricerca e innovazione e a trasferirla fuori dai laboratori, è un elemento chiave per le grandi sfide di cui stiamo parlando. A lui un grazie per tutto, un saluto e un grande augurio di buon lavoro a **Giorgio Graditi** che prende il testimone alla guida del nuovo **Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili**.

Cristina Corazza

N. 2 Maggio-Agosto 2020

Direttore Responsabile

Cristina Corazza

Comitato di direzione

Ilaria Bertini, Giorgio Graditi, Alessandro Dodaro,
Tullio Fanelli, Roberto Morabito, Diana Savelli

Comitato tecnico-scientifico

Paola Batistoni, Marco Casagni, Marco Franza,
Francesco Gracceva, Mario Jorizzo, Chiara Martini,
Franco Roca

Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu

Redazione

Laura Moretti, Fabiola Falconieri (per i testi in inglese)

Progetto grafico

Paola Carabotta

Edizione web

Antonella Andreini, Serena Lucibello

Promozione e comunicazione

Paola Giaquinto

Stampa

Laboratorio Tecnografico

Centro Ricerche ENEA Frascati

Numero chiuso nel mese di settembre 2020

Progetto grafico dello Speciale

Cristina Lanari

Registrazione

Tribunale Civile di Roma

Numero 42/2019 del 28 marzo 2019

(versione stampata)

Numero 43/2019 del 28 marzo 2019

(versione telematica)



19 Il Global Renewables Outlook di IRENA di Francesco La Camera

- 01 Tradurre il Green Deal in fatti concreti
di Federico Testa
- 03 Transizione energetica e Green New Deal dopo l'emergenza COVID
di Cristina Corazza

GLI INTERVENTI

- 06 La transizione energetica, sfida ed opportunità
di G. P. Celata
- 09 The European Green Deal is both our environmental and economic strategy
di K. Simson
- 14 This crisis opens new opportunities to accelerate decarbonisation
(and put the world on a more sustainable pathway)
di F. Birol

GLI SCENARI

- 19 Il Global Renewables Outlook di IRENA e il ruolo dell'Europa
di F. La Camera
- 23 Dalla crisi post-COVID un'opportunità unica
di G. P. Giroto
- 25 La neutralità energetica è l'imperativo per una vera decarbonizzazione
di L. Squeri
- 29 La new energy lending policy della BEI
di D. Scannapieco
- 31 Lo scenario della ripresa post-COVID dal punto di vista della ricerca
sul sistema elettrico
di M. Delfanti
- 34 Innovazione tecnologica, chiave di volta per la transizione
di A. Re Rebaudengo
- 36 Decarbonizzazione, elettrificazione del sistema e la 'rivoluzione' delle reti
di G. B. Zorzoli
- 39 Il Cluster Tecnologico Nazionale Energia
di G. P. Celata, G. Graditi
- 42 Il contributo delle tecnologie energetiche alla decarbonizzazione
di E. De Luca
- 47 L'efficienza energetica: una leva trasversale per la transizione energetica
di I. Bertini

Sommario



25 La neutralità energetica imperativo per vera decarbonizzazione
di Luca Squeri

29 La new energy lending policy della BEI
di Dario Scannapieco

31 Lo scenario della ripresa post-COVID
di Maurizio Delfanti

51 Energy transition: an opportunity to rebuild prosperity thinking out of the box
by F. Porcellana

56 La cooperazione euro-mediterranea e il ruolo dell'Italia negli scenari di decarbonizzazione
di G. Graditi, R. Boniotti

59 Fusione nucleare e Green New Deal
di P. Batistoni, M. Ciotti, A. Dodaro, G. Mazzitelli

62 I giovani e l'associazionismo come risorsa per la transizione energetica
di S. Binet, M. Costa, F. Barbieri

LE INTERVISTE

67 Alberto Bombassei
Un piano di azione strutturato per una ripresa sostenibile

71 Ernesto Ciorra
Innovazione, sostenibilità, decarbonizzazione: per Enel una sfida da 14 miliardi

76 Pierroberto Folgiero
La transizione energetica sia un grande 'cantiere' di crescita economica e sociale

79 Roberto Morassut
Un Green New Deal roosveltiano per la ripresa del Paese

FOCUS

82 Il fotovoltaico fra scenari tecnologici e strategie per la competitività della filiera
di E. Terzini, P. Delli Veneri, G. Di Francia, M. Tucci

88 Il contributo del solare a concentrazione nel percorso di decarbonizzazione
di M. Lanchi, W. Gaggioli

92 I 'colori' dell'idrogeno nella transizione energetica
di M. Della Pietra, S. McPhail, L. Turchetti, G. Monteleone

96 Tecnologie e prospettive del Power to Gas
di P. Deiana, C. Bassano, P. Gislone

100 Tecnologie e sistemi per l'accumulo elettrochimico dell'energia
di P. P. Prosinì, M. Moreno, F. Vellucci

105 Le Smart Grid per un futuro energetico sostenibile e sicuro
di M. Valenti, G. Graditi

109 Resilienza digitale e sinergia nella città e nelle comunità urbane
di M. Annunziato

113 Le Energy Communities nel quadro delle politiche europee e nazionali per la transizione energetica
di M. Di Somma, C. Meloni, G. D'Agosta

116 HPC e Big Data: una nuova digitalizzazione per il New Green Deal
di A. Quintiliani, M. Celino, M. Chinnici, F. Iannone, A. Mariano, G. Bracco, S. Migliori

120 Verso una mobilità decarbonizzata: sfide tecnologiche per la transizione energetica
di A. Genovese, F. Vellucci

125 Bioenergia, bioraffineria e chimica verde per la transizione energetica

di G. Braccio, I. De Bari, V. Pignatelli, G. Cornacchia

129 Tecnologie e sistemi per l'accumulo termico
di R. Liberatore, L. Mongibello

133 Le celle a combustibile per la decarbonizzazione nei settori energetico, industriale e della mobilità
di D. Pumiglia, V. Cigolotti, S. McPhail, G. Monteleone

137 Le pompe di calore per una climatizzazione sostenibile
di R. Trinchieri, M. Pieve

141 Geotermia a bassa entalpia e decarbonizzazione
di A. C. Violante, G. Guidi

144 Le nuove frontiere della cattura e riuso del carbonio
di S. Stendardo, I. Luisetto, N. Lisi, M. L. Grilli, R. Chierchia

148 Energia dal mare, la politica europea e le prospettive per la regione mediterranea
di G. Sannino, A. Carillo, M. V. Struglia

152 Il modulo fotovoltaico, una miniera di risorse se il fine vita è virtuoso
di L. M. Padovani, P. Carrabba

157 EERA, collaborazione e networking per un'Europa climate-neutral
di E. Costanzo

162 Il Joint Programme su Photovoltaic Solar Energy di EERA
di F. Roca

Gli interventi

La transizione energetica, sfida ed opportunità

La transizione verso un'economia eco-sostenibile a basse emissioni di carbonio richiede trasformazioni fondamentali nella tecnologia, nell'industria, nella finanza e, in definitiva, nella società nel suo complesso. Per raggiungere gli obiettivi prefissati è indispensabile intervenire ad ampio spettro, impegnandosi su più fronti e decarbonizzare in larga misura anche la struttura produttiva industriale, con un profondo cambiamento del settore e l'assunzione di scelte importanti. È una sfida impegnativa, ma anche un'eccellente opportunità per la crescita economica e occupazionale. E in questa sfida, ricerca e innovazione giocheranno un ruolo chiave.

DOI 10.12910/EAI2020- 023



di **Gian Piero Celata**, *Presidente del Cluster Tecnologico Nazionale Energia e della SIET SpA*

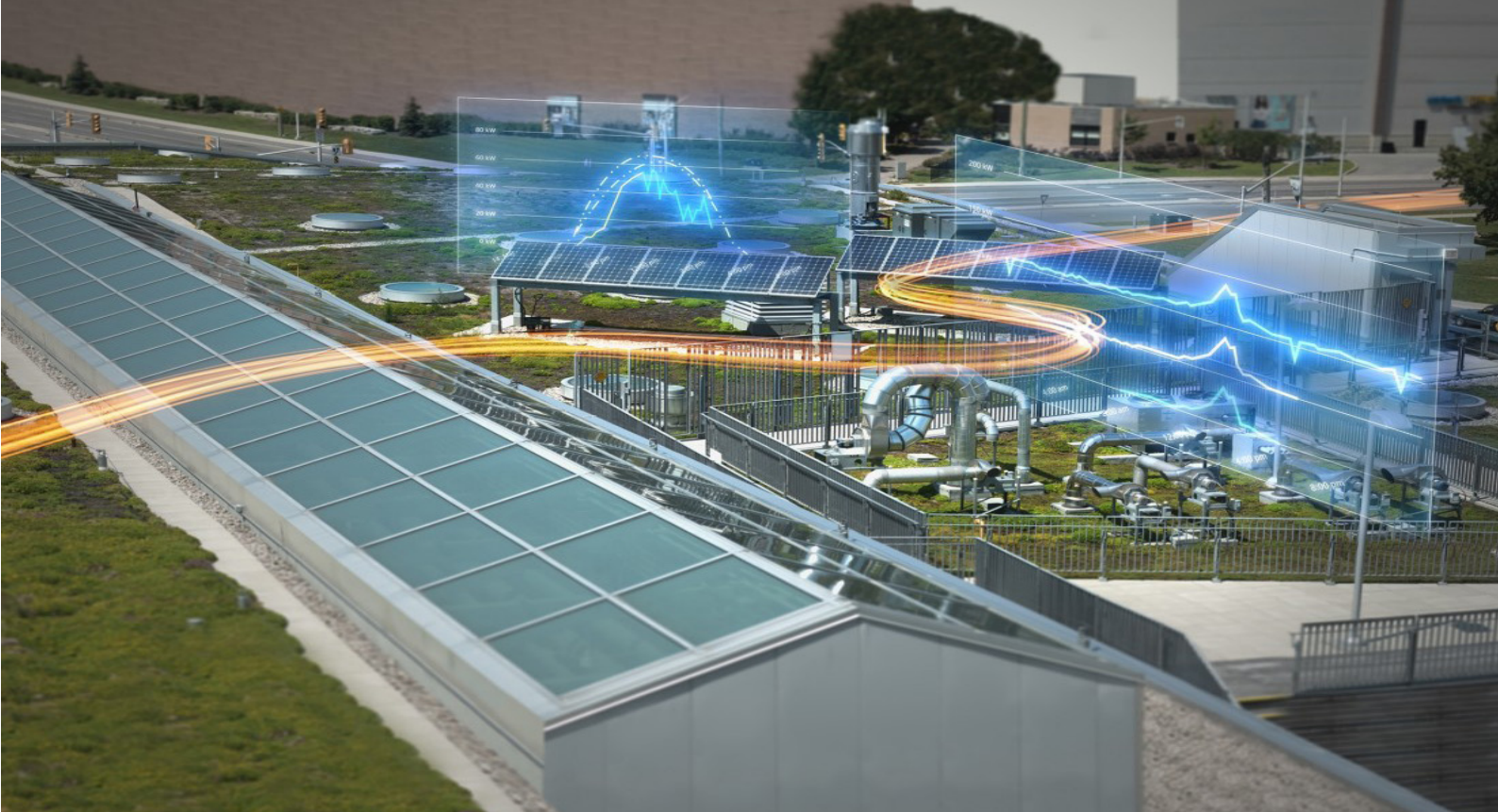
In seguito all'Accordo di Parigi sul cambiamento climatico del 2015 (COP21), il raggiungimento dell'obiettivo al 2030 – che prevede di limitare l'aumento della temperatura globale ben al di sotto dei 2 °C – richiede un **pacchetto di politiche e misure strutturate e stabili per implementare la de-carbonizzazione dei settori dell'energia, trasporti, costruzioni, industria e agricoltura**. Da qui la necessità di **associare Clima ed Energia nelle strategie politiche a livello globale**, europeo, nazionale e regionale. Secondo le analisi condotte dalla Commissione Europea (CE), il suddetto obiettivo è sostenibile in termini di costi e le **strategie e le azioni necessarie per la transizione verso un modello energetico ecosostenibile rappresentano una responsabilità condivisa tra l'UE e i suoi Stati membri**.

La transizione verso un'economia eco-sostenibile a basse emissioni di carbonio richiederà **trasformazioni fondamentali nella tecnologia, nell'industria, negli affari, nella finanza** e, in definitiva, **nella società nel suo complesso**. I dati del rapporto annuale Global Carbon Budget 2019, pubblicati in occasione della COP25 a Madrid, mostrano che il 45% delle emissioni di CO₂ da fonti fossili proviene dal settore energetico, il 23% dall'industria, il 19% dai trasporti nazionali, mentre i trasporti internazionali marittimi e aerei sono responsabili del 3,5% delle emissioni. Il restan-

te 10% deriva da edifici, agricoltura, pesca, attività militari ed altro ancora.

Pertanto, non sarà possibile raggiungere gli obiettivi prefissati senza intervenire ad ampio spettro, impegnandosi su più fronti, e decarbonizzare in larga misura anche la struttura produttiva industriale, azione che richiederà una profonda trasformazione del settore e l'assunzione di scelte importanti. Si tratta di un processo in itinere, complesso ed articolato, che richiede l'implementazione di azioni ed interventi per una transizione socialmente equa ed economicamente sostenibile, verso un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente ai cambiamenti climatici, al fine di raggiungere un livello di emissioni-zero di gas serra entro il 2050.

È una sfida impegnativa e significativa, che rappresenta, anche, un'eccellente **opportunità per la crescita economica e occupazionale**. Occorrono, pertanto, **politiche concrete** che siano in grado di determinare **equilibri perseguibili e sostenibili** tra i punti di impatto nel sistema socio-economico determinati dalle decisioni e scelte assunte, e le possibili ricadute positive sul tessuto economico e produttivo. In tale senso è auspicabile un piano di azione per finanziare la crescita sostenibile in cui i fattori ambientali, sociali e di governance diventino elementi stabili delle



decisioni di investimento private.

Le politiche nazionali intendono promuovere il ricorso a strumenti che migliorino sicurezza energetica, tutela dell'ambiente e accessibilità dei costi dell'energia. La proposta di un **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)** affronta i temi relativi a Energia e Clima in modo integrato per una strategia basata su **cinque dimensioni dell'energia: decarbonizzazione, efficienza energetica, sicurezza energetica, mercato interno, ricerca, innovazione e competitività**. L'obiettivo è quello di elaborare **una visione nazionale sui percorsi comuni** da avviare identificando azioni e indirizzi per ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, proteggere la salute, il benessere e i beni della popolazione, preservare il patrimonio naturale, mantenere o migliorare la resilienza e la capacità di adattamento dei sistemi naturali, sociali ed economici. Tale percorso, che funge da volano per la sostenibilità energetica, consentirebbe di **orientare gli investimenti lontano dalle scelte "Business as usual" indirizzandoli verso azioni a sostegno della decarbonizzazione**, con positive ricadute in termini di opportunità di crescita e sviluppo economico.

In tale contesto **efficienza energetica, sviluppo di fonti energetiche rinnovabili e delle necessarie tecnologie associate e mobilità sostenibile** costituiscono alcune delle azioni chiave per ottenere una decarbonizzazione profonda del sistema energetico ed economico.

Sviluppare nuovi strumenti normativi e finanziari, innovativi e di lungo termine per la promozione dell'**efficienza energetica** nei diversi settori produttivi e negli usi finali;

riqualificare il patrimonio edilizio esistente, in una logica di edifici a *"near zero emissions"* senza ulteriore consumo di suolo; implementare l'efficienza energetica e l'uso razionale dell'energia nel settore industriale incentivando e promuovendo l'utilizzo di processi e tecnologie innovativi (Smart Industry); sviluppare una governance e delle politiche di supporto alle Energy Communities, che considerino anche l'evoluzione sociale della domanda di energia ecc.; sono misure ed iniziative prioritarie da attuare e sostenere con politiche stabili e di lungo periodo.

Sebbene le azioni intraprese per raggiungere gli obiettivi UE 2020 in materia di clima ed energia stiano fornendo un significativo contributo allo **sviluppo delle fonti rinnovabili**, vi sono chiaramente ancora ostacoli/difficoltà da affrontare, se guardiamo agli obiettivi 2030 e oltre. Ad esempio, l'integrazione di fonti rinnovabili nei sistemi energetici comporta ancora molte sfide, in particolare la necessità di bilanciare l'offerta e la domanda di energia per garantire la stabilità della rete e la sicurezza dell'approvvigionamento. Tuttavia, lo sviluppo di opzioni e soluzioni tecnologiche per lo **stoccaggio dell'energia** (come le batterie, l'idrogeno, il gas sintetico ecc.) e di tecnologie avanzate per le applicazioni nelle **reti intelligenti (Smart Grid)** e per il **Power to Gas**, consentiranno di accelerare il processo di smartizzazione delle reti energetiche integrate, favorendo la decarbonizzazione del sistema economico nazionale ed europeo. In particolare, il Power to Gas si propone come soluzione interessante per l'accumulo di energia stagionale, oltre che di regolazione e stabilizzazione della rete.

I trasporti sono responsabili di circa un terzo dei consu-

mi energetici finali del Paese e rappresentano un quarto delle emissioni europee di gas a effetto serra, e la loro continua crescita non è priva di conseguenze negative che si manifestano in termini di impatti, soprattutto ambientali, dovuti all'inquinamento atmosferico locale e globale. Tuttavia, essi costituiscono uno dei fattori determinanti per lo sviluppo e la crescita economica ed assolvono ad una funzione fondamentale nel processo di integrazione economica e sociale dei Paesi UE. Il settore della **mobilità** è chiamato, quindi, ad evolvere entro il prossimo decennio ed oltre, con cambiamenti rapidi e profondi in termini di **sviluppo congiunto e integrato delle infrastrutture di trasporto e dei sistemi logistici, e di messa a punto di mezzi e servizi per la mobility-as-a-service**, verso cui convergono anche le traiettorie tecnologiche della mobilità automatizzata e connessa, e della decarbonizzazione. È necessario, quindi, lo sviluppo di modelli di mobilità che colleghino veicoli, infrastrutture e servizi, in grado di integrare le diverse modalità – anche innovative – di trasporto, che rispondano alla necessità di servizi di mobilità automatizzati, connessi, sostenibili, accessibili a tutti, flessibili ed adattivi rispetto alla domanda di trasporto di merci e persone. Tutto ciò dovrà tener conto sia dell'evoluzione degli "stili" di mobilità nelle nuove generazioni sia del progressivo invecchiamento della popolazione. Non di meno, lo sviluppo delle soluzioni tecnologiche necessarie, e soprattutto l'attuazione delle misure e delle infrastrutture operative, dovrà avvenire in maniera non demagogica ed emotiva, bensì razionale, consapevole ed economicamente sostenibile.

Sviluppare tecnologie a basse emissioni di carbonio e portarle sul mercato è una delle maggiori sfide da affrontare nel nostro tempo. Si tratta di un processo impegnativo e costoso (nella maggior parte dei casi i costi maggiori sono dovuti alla fase di dimostrazione). Tuttavia per preservare il nostro stile di vita ed evitare pericolosi cambiamenti climatici, non è possibile fare affidamento soltanto sulle tecnologie attualmente esistenti. Infatti, è proprio attraverso la transizione verso un sistema energe-

tico a basse emissioni di carbonio – guidata dall'**innovazione e dallo sviluppo di nuove tecnologie e dispositivi e dall'utilizzo efficiente, integrato ed evoluto dei vettori e sistemi energetici** – che saremo in grado di creare una crescita economica eco-sostenibile e nuovi posti di lavoro.

A riguardo si evidenzia che una **significativa quota della spesa dell'UE è indirizzata ad interventi e azioni per la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente ai cambiamenti climatici.** Per il periodo 2014-2020, le politiche a sostegno del clima sono state "integrate" nel bilancio dell'UE: azioni di mitigazione e adattamento sono inserite in tutti i principali programmi di spesa – tra cui spesa regionale, energia, agricoltura, trasporti, ricerca e innovazione – destinati a spendere almeno il 20% dei fondi dell'UE per gli obiettivi legati al clima. Per il 2021-2027, la CE ha proposto di **aumentare questa quota fino al 25% dell'intero bilancio dell'UE**, che ammonterebbe a circa **320 miliardi di euro che saranno spesi per il clima in questi sette anni.** In particolare, la CE ha proposto un nuovo programma di ricerca e innovazione, **Horizon Europe**, di quasi 100 miliardi di euro, per sostenere ricerca e innovazione anche nel settore della decarbonizzazione energetica.

La ricerca e l'innovazione giocheranno, quindi, un ruolo chiave nel processo di transizione per la decarbonizzazione del nostro sistema energetico. Le attività di ricerca e innovazione, se opportunamente pianificate, indirizzate e sostenute, forniranno un importante contributo nell'ambito di questo quadro di riferimento, **declinando la sostenibilità ambientale, economica e sociale in funzione dell'evoluzione attesa per il prossimo decennio**, integrando la ricerca tecnologica di settore, l'innovazione proveniente dai settori tecnologici abilitanti e la domanda di innovazione proveniente dalle filiere industriali nazionali ed europee, ed attivando il trasferimento tecnologico dei risultati e prodotti della ricerca con ricadute positive in termini di maggiore competitività internazionale delle filiere nazionali produttive, crescita economica e sviluppo sostenibile.

Note sull'autore

Gian Piero Celata, ingegnere nucleare, ha iniziato la sua attività nel 1981 al CNEN (poi ENEA dal 1982), occupandosi di termofluidodinamica per la sicurezza dei reattori nucleari ad acqua. Dal 1987 ha diretto il gruppo di ricerca sulla termofluidodinamica dei sistemi bifase per l'industria di processo, del freddo, delle applicazioni aerospaziali, del raffreddamento di componenti elettronici, delle valvole di sicurezza. Dall'aprile 2010 al giugno 2015 è stato Responsabile dell'Unità Tecnica Tecnologie avanzate per l'Energia e l'Industria dell'ENEA e dal luglio 2015 al giugno 2020 ha ricoperto l'incarico di Direttore del Dipartimento Tecnologie Energetiche. È Presidente della SIET SpA e del Cluster Tecnologico Nazionale Energia. È membro dell'Accademia Europea delle Scienze e delle Arti.

The European Green Deal is both our environmental and economic strategy

The COVID-19 pandemic has not changed the fact that we are still facing the climate challenge, nor EU's commitment to climate neutrality by 2050. Our goal remains the same – an EU that is powered by clean energy, treads lightly on the planet and cares for its people. There is a growing consensus that we should use this crisis as an opportunity to build a better future for EU's citizens. The European Green Deal is both our environmental and economic strategy: it will keep guiding us in the coming years and the environmental goals will remain important drivers of our policy, alongside energy security and affordability.



Interview to Kadri Simson, European Commissioner for Energy

Ms Simson, many experts are pointing out that the collapse of investments in the energy sector due to the COVID-19 crisis is also having serious impacts on energy security and on the transition towards cleaner sources and the fight to global warming. In your opinion is there a risk that such issues as the protection of the environment could recede into the background in the name of economic recovery?

The COVID-19 pandemic has left no country and no walk of life untouched. We need a strong response to this unprecedented crisis, to make sure our people and economy recover as fast as possible. But it has not changed the fact that we are still facing the climate challenge, nor EU's commitment to climate neutrality by 2050. Our goal remains the same – an EU that is powered by clean energy, treads lightly on the planet and cares for its people. I believe that there is a growing consensus that we should use this crisis as an opportunity to build a better future for EU's citizens. Indeed, economic recovery and building a cleaner economy go hand in hand. Let me give you just one example: Increasing the local renewable capacity in Europe not only contributes to the reduction of emissions but also creates local jobs and increa-

ses our resilience towards external shocks. The European Green Deal is both our environmental and economic strategy and will keep guiding us in the coming years. The environmental goals will remain important drivers of our policy, alongside energy security and affordability.

On the other hand, Mr Fatih Birol, ED of the International Energy Agency said that “governments can take advantage of the situation to increase their ambitions on the climate and launch sustainable policies to stimulate the economy, focused on clean energy”. Can the crisis then create opportunities to accelerate the energy transition and, at the same time, boost economic recovery?

I remember well the previous economic crisis. At that time, I was working in the Estonian national parliament. As in in many other EU Member States, the focus was put on austerity measures – placing purely fiscal concerns ahead of people's well-being. This time we have to save the economy without leaving any region or person behind. The recovery has to be future-oriented and people-centered. And of course, it has to be green. Our response to this difficult task is the massive EUR 1.8 trillion economic recovery



plan agreed by the European leaders in June based on the Commission proposal. 750 billion euros of the package will come from the new economic recovery instrument NextGenerationEU, designed to combat the effects of the crisis. Worth over one trillion euros, the strengthened EU budget for the next seven years takes a leap to the future. On the one hand, we need to put money where it has an immediate economic stimulus effect and where it supports the most affected sectors. On the other hand, we need to keep in mind the long-term benefits and making our economy more resilient for the future. By supporting yesterday's priorities and technologies with public money, we would seem to be taking it one step further, but in the long run two steps back. It's time for bold, future oriented investments. We also learned from the previous crisis that green recovery measures create more jobs and growth than traditional, less sustainable measures. That is why 30% of the EU's budget should be climate-related and why the green and digital transitions are at the heart of the recovery package. For instance, nearly 40% of all European energy consumption is the

result of heating and cooling of buildings. This makes renovation one of the best ways to save energy and reduce carbon emissions. However, what is equally important in the current situation is that renovation is a labor-intensive activity and therefore creates new jobs and boosts the economy. According to the International Energy Agency, 60% of the money spent on improving the energy efficiency in houses ends up with the people involved in the construction or the production of materials. This stimulates the economy, helps the workers and also eases the burden on the planet.

And which are the most important actions to be taken to move in that direction?

To become climate-neutral by 2050, Europe needs to transform its entire energy system, which accounts for 75% of the EU's greenhouse gas emissions. Broadly speaking, we know what we need to do to get there: more energy efficiency, more renewable energy, better infrastructure and constant research and

innovation. In July, the Commission launched two new important initiatives: The EU strategies for energy system integration and hydrogen. Today's energy systems are mostly built along parallel value chains that rigidly connect a specific energy source to the end user (such as oil products to transport). It is inefficient and makes deep decarbonisation very difficult. What we need are more flexible and better integrated systems that can accommodate a much higher share of renewables and other clean solutions. This means for example electrification of transport and reuse of waste heat from factories and data centres. Hydrogen will play a key role in this, as it allows us to cut emissions in sectors where it's otherwise challenging – like heavy industry and some areas of transport. Our focus is on green, renewable hydrogen, and we will

“green recovery measures create more jobs and growth than traditional, less sustainable measures. That is why 30% of the EU's budget should be climate-related and why the green and digital transitions are at the heart of the recovery package,”

push for making it competitive by the next decade. These strategies will be followed up and complemented still this year by further important energy initiatives, covering our main priorities: the Renovation Wave, the Offshore Energy Strategy and the revision of the TEN-E (Trans-European Networks for Energy) regulation.

The informal conference of energy ministers in June had a focus on innovation in the energy sector, which may play a key role in boosting Europe's economic recovery and the European Green Deal. Do you think that member countries are investing enough in this sector? Are you concerned about a possible lack of investments in breakthrough inno-

vation for clean energy?

I strongly believe that investing in future-oriented technologies and innovation is crucial for our recovery and resilience. It's an area where we could always do more, both to boost our economy and to move towards our climate-neutrality target. Funding clean technologies has an important place in the EU's budget and recovery package proposed by the Commission. For example, Horizon Europe funds will be increased to almost 85 billion EUR, bringing extra resources for the digital and green transitions. Horizon will allow us to support the most innovative new ideas. Something we cannot even imagine at the moment, but what could be the next breakthrough solution.

On 29th January 2020, the Commission announced its intention to launch a 'renovation wave' initiative in the buildings sector, under the European Green Deal. That was just a few days before the outbreak of the COVID-19 pandemic effects were begun to be felt in Europe. Still, do you think investments in building retrofitting may contribute to a broader economic recovery? Do you think a revision of the current legislation would be needed and what will be the EU commission recommendations?

We will come out with the Renovation Wave initiative in September and I think it's an extremely timely and relevant proposal. As buildings are where we use almost 40% of our energy, this obviously represents a big opportunity to improve our energy efficiency. As said before, a strong push for building renovation also makes sense in the context of the recovery, as it creates local jobs and reduces energy bills, two things that provide immediate relief in a difficult economic situation. It also helps with public acceptance of ambitious climate policies. Our goal is to double the pace of renovation. We will look at all types of buildings, but put special focus on apartment buildings, affordable housing, schools and hospitals. Support to SMEs is another important area, as they are extremely important for the EU economy and many of them struggle because of the crisis. The initiative will cover topics like energy poverty, digitalisation, heating and cooling - the latter is where most of the energy in buildings is used. Often, renovation projects get stuck because of practical problems and we intend to provide technical

assistance to help with project preparation and share best practices from countries where renovation has worked well. For example, in my native Estonia we have the so-called Kredex¹ measure, which is extremely popular and efficient at the same time.

There is also a lot of talk about hydrogen technologies: the European Commission recently presented a strategy for the promotion of this energy vector, Germany approved a national hydrogen strategy and a number of major European group have created an alliance for the production of renewable hydrogen. Why is hydrogen so relevant?

In an integrated energy system, hydrogen could become a major protagonist in the decarbonization of industry, transport, power generation and storage, and buildings across Europe. We have already presented a new EU Hydrogen Strategy that addresses how to transform this potential into reality, through investments, regulation, market creation, and rese-

arch and innovation. We believe that hydrogen has the potential to power sectors that are not suitable for electrification and provide storage to balance variable renewable energy flows. This can only be achieved with a coordinated action between the public and private sectors, to develop renewable hydrogen, produced using mainly wind and solar energy. In the short and medium-term, however, other forms of low-carbon hydrogen are needed to rapidly reduce emissions and support the development of a viable market. From 2020 to 2024, our aim is the installation of at least 6 gigawatts of renewable hydrogen electrolyzers in the EU, and the production of up to one million tonnes of renewable hydrogen. Then from 2025 to 2030, hydrogen will need to become an intrinsic part of the EU's integrated energy system, with at least 40 gigawatts of renewable hydrogen electrolyzers and the production of up to ten million tonnes of renewable hydrogen in the EU. Finally, from 2030 to 2050, renewable hydrogen technologies should reach maturity and be deployed at large scale across



all hard-to-decarbonize sectors. Hydrogen is seen as the missing link in decarbonizing the energy sector and we see historic interest in it all over the world.

Tackling energy poverty and protecting vulnerable consumers is also a main commitment of the EU. What strategies are being worked out to meet the needs of energy vulnerable EU citizens?

The Commission has committed itself to supporting Member States in their fight against energy poverty. It is a priority clearly set out in the European Green Deal. For us, implementing the “Clean Energy for all Europeans” legislative package is the starting point to tackling energy poverty across the EU. This forward-looking regulatory framework addresses energy poverty from two complementary angles: the competitive electricity markets delivering the best price, and energy efficiency lowering the costs. The Member States’ engagement is at the same time reinforced through the national energy and climate plans, and the long-term renovation strategies. Also, the clean energy package mandates the Commission to provide guidance to Member States in addressing the issue.

Another option to address energy poverty issues is the aforementioned Renovation Wave, which will allow consumers to save on energy consumption. We will also link a dedicated Commission Recommendation on energy poverty to the Renovation Wave Initiative. All levels of governance, starting from local and district level, must be on board to make a difference

in this field. Relevant stakeholders such as the private sector and housing associations must join forces and work together to enable the fair transition.

A last question: in the European Green Deal, a 'Just transition Mechanism' is also envisaged; can sustainability be coupled with equity and inclusion? Is it a challenge EU member states will be able to meet?

I come from a country where a large part of the energy system is still reliant on mining oil shale, a solid fossil fuel. I am well aware how challenging the transition can be and the social cost it can claim. The starting points and challenges in Member States differ significantly and there is no one-size-fits all solution. At the same time, a clean energy transition where only a few see opportunities or which only improves the lives of some and not all, is not a success. It is a failure. This is why the Commission has proposed the Just Transition Mechanism, to ensure no person or region is left behind. The Just Transition Fund and Territorial Just Transition Plans are at the core of our proposal. After the discussions on the EU budget, the leaders agreed to allocate 17.5 billion EUR to the Just Transition Fund, to help those people and regions who have to make a bigger transformation effort than most. We will also be helping the most vulnerable regions through the Just Transition Platform that offers information, technical assistance and a place to share experiences and best practices. This is a historic challenge for all of us, but it can be done, and the EU will use every tool we have to support our Member States on this journey.

¹ KredEx was founded in 2001 by the Estonian Ministry of Economic Affairs and Communications with a purpose to improve financing possibilities of enterprises, manage credit risks connected with export, enable people to build or renovate their home and develop energy-efficient way of thinking. Through years, KredEx has become a considerable link between the Estonian financing institutions and loan applicants, exporters and foreign buyers. KredEx offers financing services managing financial risks and implements the development plan of Estonian housing area. <http://www.nefi.eu/our-members/estonia-kredex/>

This crisis opens new opportunities to accelerate decarbonisation (and put the world on a more sustainable pathway)

The impact of the global economic crisis resulting from the COVID-19 pandemic has sent shock waves through energy markets, but it has also opened up a new opportunity to accelerate decarbonisation and put the world on a more sustainable pathway. This is where the IEA has a role, and we are calling for governments to make recovery as sustainable and resilient as possible. We must seize this moment. This is a challenging time for investments, climate ambitions and solidarity in Europe. Recovery plans need to align with long-term national and global objectives on energy resilience and sustainable development, and it is essential that they focus on meeting clean energy transitions.



Interview to Fatih Birol, IEA Executive Director

Dr Birol, you have recently declared that the COVID-19 pandemic is having severe impacts on the energy sector and may slow down the transition towards cleaner sources and the fight to global warming. Can you provide our readers with more details of your analyses? How severe are impacts being?

There is no doubt that the impact of the global economic crisis resulting from the COVID-19 pandemic has sent shock waves through energy markets. Throughout the crisis, the energy sector has played a vital role in supporting the delivery of healthcare, remote working and many other needs. Like many other sectors, the COVID-19 crisis made a large impact. First, in our Global Energy Review, we estimate that total primary energy demand will drop in all major regions and contract by around 6% globally in 2020; this is an amount roughly seven-times larger than occurred during the 2008-09 financial crisis. Second, we expect oil demand to drop by around 8% on average across

the year, coal by a similar amount and natural gas demand by around 4%. In the power sector, electricity demand could fall by as much as 5% globally in 2020 and by up to 10% in some regions. Conversely, we expect generation from renewables to increase by nearly 5% in 2020. Finally, global energy investment expected to shrink by an unparalleled 20% in 2020.

What about emission reductions?

While the drop in energy demand has led to emissions reductions, there is nothing to celebrate as this came at huge economic and human costs. For example, we expect global CO₂ emissions to decline in 2020, by as much as 2.5 gigatonnes, or around 8% below 2019 levels. This would be the lowest level since 2010. However, it is important to highlight that most of the decline is attributable to reductions in economic activity rather than structural changes in the way we produce and consume energy. Therefore, unless we take immediate action to bring about such structural



changes, emissions are very likely to rebound as economies recover.

Why do you consider the coronavirus emergency as a test for governments and companies' commitment on energy decarbonisation?

40 Ministers from countries across five continents that collectively represent over 80% of the global economy, along with leaders from some of the world's major energy companies, financial institutions, international organisations and civil society recently took part in the IEA's first Clean Energy Transitions Summit. The purpose of this high-level event was to discuss how to bring about a sustainable and resilient recovery from the COVID-19 crisis and achieve a definitive peak in global carbon emissions. Rather than a test, the crisis has opened up a new opportunity to accelerate decarbonisation and put the world on a more sustainable pathway. As we know, governments are responding to the economic crisis on a massive scale focussing primarily on emergency steps and

immediate economic relief to prevent an even deeper crisis. With more stimulus coming, attention is increasingly focusing on how to bring about an economic recovery that repairs the damage inflicted by the crisis while putting the world on a more sustainable path. This is where the IEA has a role and we are calling for governments to make recovery as sustainable and resilient as possible. We must seize this moment.

Which means that the energy transition is to be envisaged in recovery plans?

Recovery plans need to align with long-term national and global objectives on energy resilience and sustainable development; it is essential that they focus on meeting clean energy transitions. As countries design economic recovery plans, policy makers are making enormously consequential decisions in a very short space of time. These decisions will shape economic and energy infrastructure for decades to come and will almost certainly determine whether the world has a chance of meeting its long-term energy and climate goals. The IEA's Sustain-

nable Recovery Plan shows governments have a unique opportunity today to boost economic growth, create millions of new jobs and put global greenhouse gas emissions into structural decline.

In your opinion could risks of delays and withdrawals also affect the European Green Deal implementation and prevent the EU from attaining climate neutrality in 2050?

This is a challenging time for investments, climate ambitions and solidarity in Europe. Governments around the world are dealing with the health emergency and the economic crisis brought about by the COVID-19 pandemic. At the same time, declining emissions resulting from COVID-19 lockdowns may give rise to complacency, if governments only look at the short term.

“two areas score very high in terms of job creation in most economies: energy efficiency and grids modernisation,”

That is why it is commendable that the European Commission has responded to these health and economic challenges while keeping a strong focus on the other major priority of accelerating clean energy transitions.

The European Union made the Green Deal its top priority in 2019 and is now using that momentum to design a green recovery from the COVID-19 crisis. In May 2020, the European Commission presented a massive recovery plan and budget proposals to counter the economic damage from the pandemic. The plan aims to achieve a resilient, inclusive and green recovery in Europe, laying the foundations for a low-carbon future. The investments envisaged by the plan will help Europe move closer to meeting its international climate and environmental goals while making its economy more resilient to future shocks. It is more than an opportunity – the upcoming decisions by the European leaders will be critical for Europe’s energy infrastructure and energy system in the coming decades.

Policies will play an essential role in ensuring the effective use of the recovery funds. Again, the European Green Deal provides an enabling framework. The IEA has recently presented a major report on EU Energy Policies, which provides detailed recommendations to support the EU and its member states in achieving a secure and sustainable recovery.

The IEA is addressing decision-makers in government, industry and the investment community to exhort them take advantage of the situation and increase their ambitions on the climate and energy sustainability. Still, do you consider scientific research for new technologies may have a strategic role in the fight against climate change? Or are decision makers more important?

The focus of governments has initially been very appropriately on dealing with the health impacts of the pandemic. But there is also increasing attention on how to overcome its impacts on the economy. Many governments are putting together stimulus packages designed to boost economic growth and create jobs for the millions who lost them. The energy sector has a vital role to play in this endeavour, which is why we put together our Sustainable Recovery Plan to additionally build energy sector resilience, create new jobs, and achieve a peak in emissions.

In dealing with the immediate impacts of the pandemic it is important to recognise however that we continue to face the long-term challenges to make our energy sectors cleaner and more resilient.

Many governments and companies have set for themselves ambitious goals to reach net-zero emissions, some as soon as in 2050.

Our analysis shows that achieving net-zero goals in 2050 will be all but impossible if we do not significantly accelerate clean energy technology innovation. Around half of all the technologies required for achieving this goal relative to current policy plans would be from technologies that have not yet reached the market today. So absolutely – scientific research in new technologies is strategically important for our energy future, and decision-makers in governments and industry are well advised to support it.

Which are the most promising renewable sources/ technologies that may contribute to the decarbonisation?

Today, modern bioenergy is the largest renewable energy source accounting for around half of all renewables consumption because it has multiple use in producing electricity, transportation, residential heating and industrial processes. Bioenergy's role will remain important in the future especially in the hard-to-abate sectors such as aviation where electrification remains challenging.

However, wind (both onshore and offshore) and solar PV will take the lead in transforming our power systems as a result of continuous policies and cost reductions. Already today, generation costs of wind and solar PV are cheaper than fossil fuel alternatives in an increasing number of countries. The cost reduction trend is expected to continue over the medium-term making wind and solar PV two technologies taking the lead in the production of green hydrogen. Gre-

en hydrogen could contribute to the decarbonisation of energy-intensive industries. The increasing penetration of wind and solar PV will also bring system integration challenges. Our power systems will need to operate differently due to increasing penetration of variable sources. Thus, government policies that increase power system flexibility remain crucial to cost-effectively integrate wind and solar PV. Already existing hydropower plants with storage capabilities and pumped hydro storage facilities could provide necessary flexibility but market designs should appropriately remunerate their value.

There has been heated debate about costs and job losses that an increase in electric car production might bring about, what is your opinion?

The number of electric cars sold on global car markets in 2019 was just above 2 million, a new record. But such sales accounted for just 2.6% of total car sales, which means that the debate on cost or job impacts of



About 200 roofs with photovoltaic systems, plus five wind turbines as well as biogas and biomass. The energy transition is a reality in Wildpoldsried, Bavaria (Germany). In the foreground, an electrically powered van
Credits: Siemens/Martin Hangen

electric cars does not reflect their current status of deployment. But there are justified concerns of course. Today electric car sales are subject to generous subsidies, and it is important for policy to adjust its support as sales keep rising and battery cost falling. It is also true that electric powertrains are simpler, with much fewer moving parts than on internal combustion engines, and so the labour intensity of building and assembling electric cars is generally lower than for conventional cars. Yet electrification can offer other job opportunities in many areas, such as in the build-up of recharging infrastructure or in battery manufacturing and recycling. And what is the alternative? There are many countries that look at battery and electric car manufacturing as strategic opportunities for their economies and so for countries with already established strong auto industries, challenging decisions lie ahead. Our analysis shows that 2 million direct jobs are at risk in vehicle manufacturing from the COVID-19 pandemic and its economic consequences, but also that charging infrastructure deployment and battery cell manufacturing are higher job creators per dollar invested than vehicle manufacturing.

At the moment there is also a lot of talk about hydrogen technologies: the European Commission recently presented a strategy for the promotion of this energy vector, Germany approved a national hydrogen strategy and a number of major European group have created an alliance for the production of renewable hydrogen to decarbonise the economy, create jobs and reduce energy dependence. Is it a viable strategy?

There is a lot of talk about hydrogen indeed, and I am very pleased to see how IEA recommendations to the G20 last year are being put in place in many countries around the world that are now building their own national hydrogen strategies. This is critically important. Hydrogen can play a key role in the transition to a cleaner and more resilient energy system. But it needs continued RD&D efforts and strong govern-

ment commitment to scale up production of hydrogen electrolyzers and build up new hydrogen demand in transport, industry and buildings.

Many hydrogen technologies are now in a similar place where solar PV or wind were a decade ago, at a moment when their large-scale deployment can deliver significant cost reductions. But getting clean hydrogen production and use off the ground at scale is a challenging task that requires coordination and cooperation. I am very glad to see such activities in Europe as well as in other countries.

Just a last question: In the IEA Sustainable Recovery Plan, a number of actions/initiatives are recommended; which would you rank as the most necessary to boost the energy transition now?

In the Sustainable Recovery Plan, we are providing decision-makers in government, industry and the investment community with the strongest possible data, analysis and policy options to help them choose the best path forward. We analysed sector-by-sector over 30 specific energy measures that governments may wish to include in their economic recovery plans. It draws on new IEA analysis of the direct and indirect jobs created by different measures and – in collaboration with the International Monetary Fund – presents an assessment of the impact of these measures on global economic growth. In other words, the IEA's Sustainable Recovery Plan is a collection of measures and associated policies, initiatives and regulatory frameworks for countries to consider in the light of their own circumstances. We did this with a view to deliver a cleaner, affordable, more secure and more resilient energy system while at the same time provide a major boost to employment and economic growth. Country circumstances will dictate the best policy mix. However, two areas score very high in terms of job creation in most economies: energy efficiency and grids modernisation. Those are the first two areas to look at, accompanied by a range of other measures country specific.

Il Global Renewables Outlook di IRENA e il ruolo dell'Europa

Gli impatti cumulativi sul sistema energetico del COVID-19 saranno maggiori delle precedenti recessioni e, nel lungo periodo, potrebbero definire e persino rimodellare il sistema energetico. Stiamo assistendo a una svolta per il nostro futuro che richiede sforzi mai visti dalla generazione e produzione di energia, alle modalità di utilizzo. Il Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050 (GRO), pubblicato da IRENA in aprile, offre un supporto agli sforzi e agli investimenti necessari per la completa decarbonizzazione del settore energetico che potranno arrivare fino a 130 trilioni di dollari da oggi al 2050.

DOI 10.12910/EAI2020-024



di **Francesco La Camera**, *Direttore Generale di IRENA, International Renewable Energy Agency*

Il mondo è sotto scacco per la pandemia da COVID-19. Ha contagiato un numero enorme di persone e il bilancio delle vittime continua a salire mentre le regioni, i Paesi e le comunità si trovano ad affrontare gravi disagi sociali ed economici. La ripresa richiederà tempo.

La crisi attuale e l'impatto sui mercati dell'energia

Un'area particolarmente colpita dalla crisi è quella dei mercati dell'energia ed è necessario comprendere meglio quali saranno le ripercussioni. A livello globale, il consumo di elettricità sta diminuendo a causa dei rallentamenti nell'industria e della chiusura di molti negozi e aziende. Di conseguenza, molte aziende di utenze si trovano ad affrontare gravi complicazioni finanziarie. Nel frattempo, la riduzione dei prezzi di petrolio e gas sta provocando perdite significative nelle rispettive industrie, mettendo in dubbio la realiz-

zabilità di molti pozzi e il valore di altri asset fossili.

Anche le energie rinnovabili non sono immuni agli effetti della crisi e molti nuovi progetti hanno già subito ritardi. I problemi affrontati dall'industria energetica stanno avendo ripercussioni su tutta l'economia, poiché la riduzione delle entrate fiscali ha messo a dura prova i bilanci fiscali dei governi e l'aumento della disoccupazione ha messo alle strette innumerevoli famiglie.

Gli impatti cumulativi sul sistema energetico saranno molto maggiori di quelli causati dalle precedenti recessioni; infatti, stiamo assistendo a quello che sembra essere un punto di svolta per il nostro futuro collettivo, che potrebbe definire e persino rimodellare il nostro sistema energetico nel lungo periodo.

I governi stanno lavorando a una risposta finanziaria di emergenza e hanno intavolato importanti discussioni sui percorsi di recupero da intraprendere una volta che la pandemia si sarà attenuata. Una parte fondamentale di tali

discussioni dovrebbe analizzare se questo sconvolgimento globale possa effettivamente diventare un'opportunità per accelerare la transizione di cui abbiamo urgentemente bisogno verso un'economia più sostenibile, decarbonizzata e una società più resiliente e inclusiva. Per uscire dalla crisi, gli obiettivi stabiliti nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite e nell'Accordo di Parigi sul cambiamento climatico dovrebbero indicare la direzione degli investimenti da fare nei prossimi decenni. I pacchetti di stimolo e ripresa dovrebbero essere attentamente progettati per allinearsi con i **nuovi Nationally Determined Contributions (NDC)**, che definiscono gli sforzi dei Paesi per ridurre le emissioni alla base del cambiamento climatico e devono essere presentati entro la fine di quest'anno, come stabilito nell'Accordo di Parigi.

Il Global Renewables Outlook di IRENA

Gli NDC sono solo il punto di parten-

za per raggiungere un futuro sostenibile, a basse emissioni di carbonio e rispettoso del clima. Sarà necessario compiere sforzi mai visti nelle nostre economie, dalla generazione e produzione di energia alle modalità del suo utilizzo. Un supporto a tali sforzi e gli investimenti necessari è il primo *Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050* (GRO), pubblicato da IRENA nell'aprile del 2020. Il rapporto mette in evidenza le soluzioni tecnologiche disponibili e le misure economiche utili a ridurre le emissioni e persino raggiungere emissioni zero già nel 2050, in linea con gli obiettivi climatici di Parigi. La maggior parte delle riduzioni delle emissioni proverrà dall'energia rinnovabile e dall'efficienza energetica.

Inoltre, lo studio mostra le opportunità di investimento rispettose del clima da oggi fino al 2050 e il quadro politico necessario per rendere possibile questa cruciale transizione energetica. L'opportunità di investimento è notevole: tra oggi e il 2050 sono necessari fino a 130 trilioni di dollari di investimenti nel settore energetico per decarbonizzare completamente il sistema energetico globale.

Misure di stimolo

I pacchetti di stimolo che i governi stanno discutendo e adottando offrono una finestra per accelerare la transizione. Nella fretta di prevenire il tracollo finanziario, tuttavia, esiste un grave rischio che i fondi di emergenza vengano ridotti a favore di investimenti "business as usual". Ciò rallenterebbe la transizione necessaria e porterebbe ad uno spreco di risorse, principalmente denaro dei contribuenti, aumentando la quantità di "stranded assets" in futuro. Poiché le spese attuali limiteranno lo spazio di manovra fiscale in un futuro, è essenziale trovare soluzioni vantaggiose per tutti. Ogni Paese deve investire ora per realizzare questo futuro positivo a basse emissioni di carbonio. Il vantaggio di questa transizione non è solo climatico, ma anche economico. L'ultima analisi dei costi di IRENA mostra chiaramente che la nuova capacità elettrica rinnovabile installata costa sempre meno delle opzioni di generazione elettrica più economiche basate sui combustibili fossili. In effetti, IRENA stima che la dismissione di 500 GW delle centrali

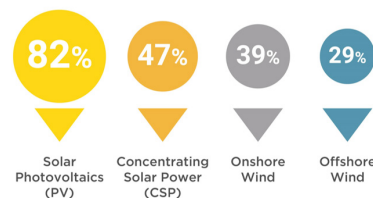


Fig. 2 I costi delle energie rinnovabili sono diminuiti rapidamente negli ultimi 10 anni (2010-2019)- Fonte: IRENA, 2020

a carbone meno competitive e la loro sostituzione con il solare fotovoltaico e l'eolico onshore ridurrebbe i costi annuali di generazione di sistema fino a 23 miliardi di dollari.

Nella prima metà di quest'anno, la pandemia ha messo in luce i punti di forza e debolezza dell'attuale sistema energetico. Le energie rinnovabili hanno dimostrato di essere il modo più resiliente per produrre elettricità, aggiungendo nuovi e convincenti argomenti a favore delle tendenze pre-pandemiche sulla transizione energetica. È essenziale preservare questi progressi partendo da quanto è già stato raggiunto. La recente pubblicazione di IRENA, *The Post-COVID Recovery: An Agenda for Resilience, Development and Equality*, ha l'obiettivo di descrivere come e dove gli investimenti e gli interventi politici nelle transizioni energetiche possono aiutare la ripresa economica, lo sviluppo sostenibile e la transizione ad un sistema decarbonizzato entro il 2050, come previsto nel *Global Renewables Outlook* di IRENA. Il rapporto mostra anche che i posti di lavoro nel settore delle energie rinnovabili possono crescere fino a circa 30 milioni nel 2030, raggiungendo quasi tre volte i livelli del 2018. Ciò significa che ogni milione di dollari investito in fonti rinnovabili creerebbe 25 posti di lavoro. L'occupazione nel settore dell'efficienza energetica si espanderebbe da meno di 10 milioni a 29 milioni, mentre i posti di lavoro legati alle reti e alla flessibilità del sistema energetico quasi raddop-

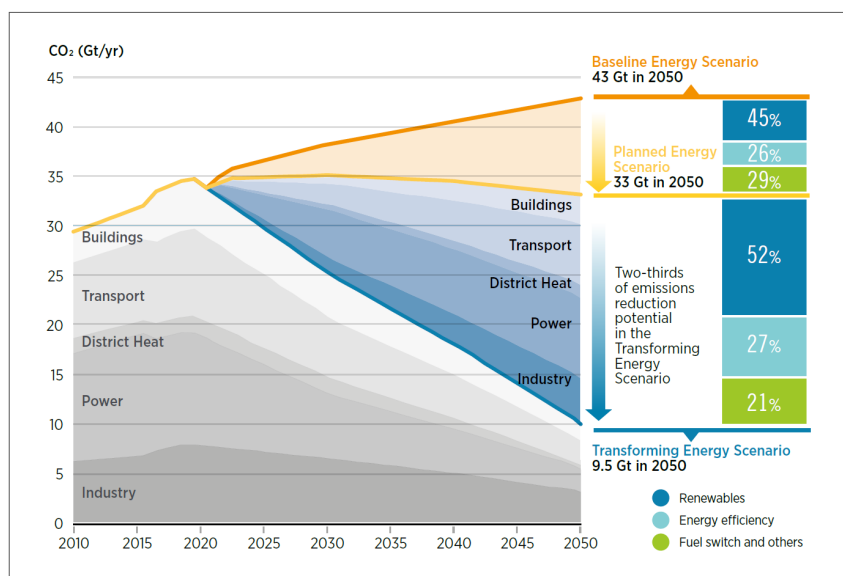


Fig. 1 Emissioni di CO₂ legate all'energia, 2010-2050 - Fonte: IRENA, 2020

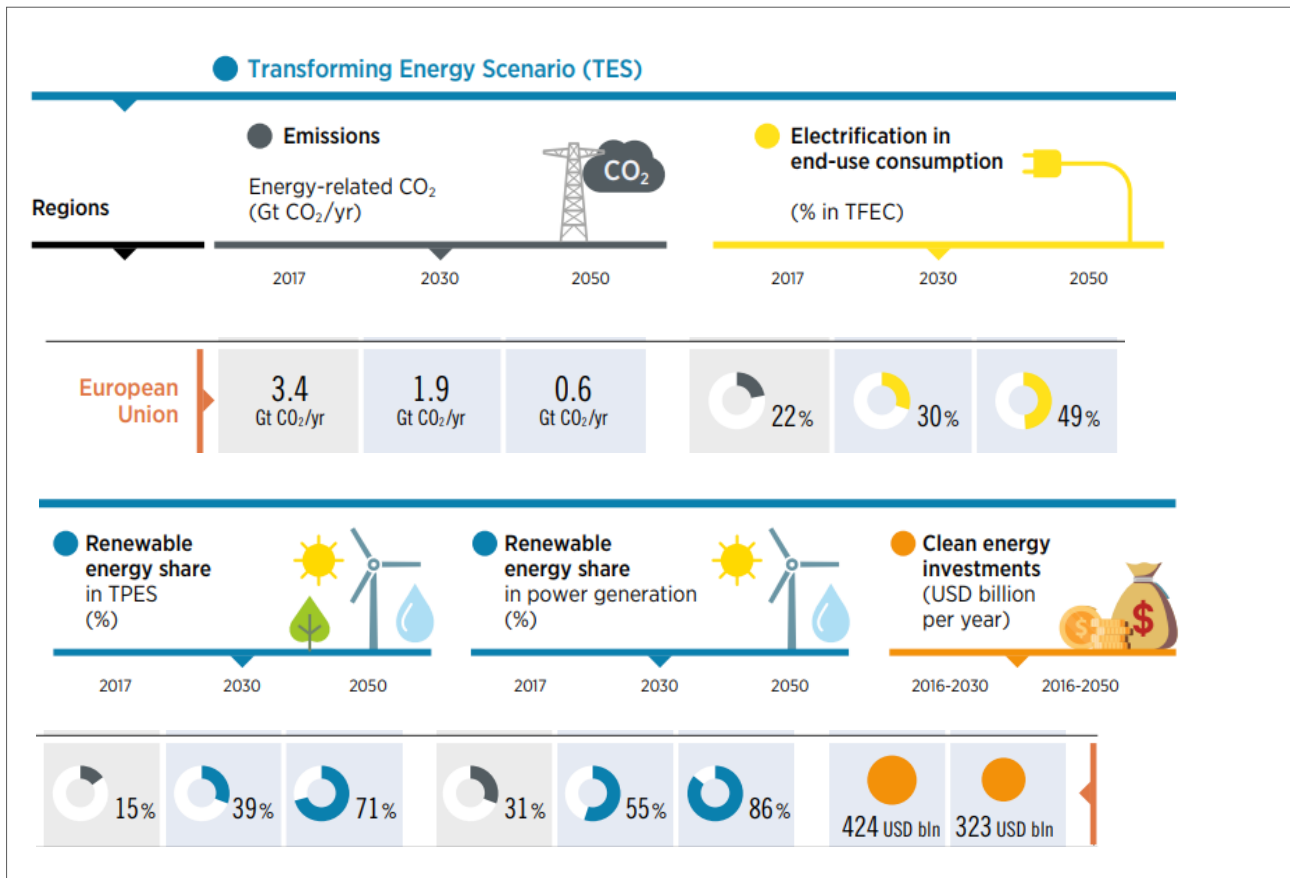


Fig. 3 Indicatori selezionati per l'Unione Europea nel Transforming Energy Scenario di IRENA - Fonte: IRENA, 2020

pierebbero raggiungendo 12 milioni di lavoratori.

Siamo ancora nel pieno della pandemia, e l'impatto complessivo non è ancora stato compreso. Tuttavia, politiche di governo mirate e scelte di investimento strategiche possono creare una tendenza capace di sostenersi autonomamente, per poi attuare un cambiamento sistemico e raggiungere la trasformazione energetica. Nel 2019, sono stati investiti 825 miliardi di dollari in energie rinnovabili e tecnologie di transizione energetica. L'IRENA stima che, nella fase di recupero, tra il 2021 e il 2023 tali investimenti dovrebbero più che raddoppiare per raggiungere quasi 2 trilioni di dollari all'anno. Questi livelli di investimento sono raggiungibili in

quanto l'onere non deve ricadere sulle sole finanze pubbliche, e tengono in considerazione che le tecnologie continuano a svilupparsi riducendo così i costi.

Gli interventi dei governi nella fase di recupero rappresentano un'occasione per garantire che gli investimenti nell'energia siano anche investimenti in strutture economiche più eque e inclusive. Investire in soluzioni innovative come parti integranti della transizione energetica porterebbe notevoli vantaggi a livello locale. Esistono già tecnologie che possono condurre ad un sistema di energia ad emissioni nette zero. Investendo nella commercializzazione di queste tecnologie, i governi e le imprese possono identificare le opportunità industriali

che offrono valore e crescita sostenuta nel lungo termine.

Il ruolo (e i ritardi) dell'Europa

L'Unione Europea intende essere neutrale dal punto di vista climatico entro il 2050. In effetti, il Green Deal europeo delinea un percorso per aumentare l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare, ripristinando al contempo la biodiversità e riducendo l'inquinamento. Il *Global Renewables Outlook* di IRENA delinea percorsi specifici per l'Europa per raggiungere gli obiettivi climatici entro il 2050. Sulla base dei piani e delle politiche attuali è evidente che l'Europa non è sulla buona strada per raggiungere i suoi obiettivi, con interventi in-

sufficienti rispetto a quanto sarebbe necessario per raggiungere la neutralità del carbonio. Il “Transforming Energy Scenario” di IRENA, mostra un chiaro percorso che l’Europa dovrebbe seguire per raggiungere i suoi obiettivi climatici in linea con l’Accordo di Parigi. In sostanza, l’energia rinnovabile deve raggiungere il 71% della fornitura totale di energia e l’86% della generazione elettrica, mentre le misure di efficienza energetica devono ridurre il consumo pro capite di energia del 33% entro il 2050, da 88 GJ a 59 GJ.

Per attuare queste misure, l’Europa necessiterà di ingenti investimenti. Nel breve periodo, l’investimento totale medio in energia pulita da qui al 2030 ammonta a 555 miliardi di dollari all’anno nell’UE-28, pari al 12,4% del totale globale necessario (4,486 miliardi di dollari). Ciò corrisponde a quasi il 2,7% del PIL della regione stimato nel 2019. L’efficienza energetica rappresenta quasi il 70% degli investimenti necessari nell’energia pulita, seguita dalle fonti rinnovabili con una quota del 15%. Le infrastrutture di supporto come stazioni di ricarica per veicoli elettrici, ampliamenti e rinforzi della rete elettrica e misure di flessibilità della rete richiederebbero il 12% degli investimenti annui totali di

energia pulita mentre il resto andrebbe per lo sviluppo di pompe di calore ed elettrolizzatori per la produzione di idrogeno verde.

Di recente, a causa della pandemia globale, l’Europa ha registrato cali sostanziali nella domanda (-10%) e produzione (-9,8%) di energia per il mese di maggio. La produzione di carbone e gas è diminuita drasticamente, rispettivamente del -33,3% e -18,4%, in confronto a maggio 2019. Nel frattempo, la generazione elettrica da fonti rinnovabili è aumentata dell’8,1% rispetto a maggio 2019, raggiungendo il 48% della produzione totale in Europa nello stesso mese. Ciò dimostra che è possibile far funzionare il sistema elettrico europeo con quote più elevate di energia rinnovabile anche prima di quanto si potesse immaginare. Il pacchetto di stimoli dovrà essere progettato in un modo da andare oltre i soli stimoli fiscali e dovrà comprendere misure di efficienza energetica (ristrutturazione degli edifici), la promozione di produzione elettrica da fonti rinnovabili (eolica e solare), veicoli elettrici (comprese le infrastrutture di ricarica) e infrastrutture tra cui reti intelligenti e la trasformazione ecologica del settore del gas tramite idrogeno rinnovabile o carburanti a base di idrogeno rinno-

vabile. È importante sottolineare che queste misure devono essere adottate ora e potenziate mentre procediamo verso il futuro. Questi settori non solo sosterranno la transizione verso le energie rinnovabili nel lungo termine, ma creerebbero posti di lavoro e un impatto economico positivo anche a breve termine. **La conclusione ottimista e incoraggiante dell’ampia analisi di IRENA è che è davvero possibile creare un mondo più sostenibile, profondamente decarbonizzato, in linea con gli obiettivi dell’Accordo di Parigi. Ma per farlo, tutti i Paesi d’Europa, compresa l’Italia, devono fare le scelte giuste.** Il forte stimolo necessario per combattere la catastrofe economica causata dalla crisi di COVID-19 può portarci su uno di due possibili percorsi. Possiamo investire per sostenere e rafforzare il sistema energetico di oggi, rendendo ancora più difficile affrontare la minaccia a lungo termine rappresentata dai cambiamenti climatici. Oppure, possiamo combattere contemporaneamente la pandemia e i cambiamenti climatici investendo nella transizione verso un futuro più sostenibile e decarbonizzato. Nella crisi attuale, dobbiamo fare scelte intelligenti che garantiranno un futuro migliore per tutti.

BIBLIOGRAFIA

1. IRENA (2020), Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050 (Edition: 2020), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
2. IRENA (2020b), Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
3. IRENA (2020), The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

Dalla crisi post-COVID un'opportunità unica

È ormai chiaro a tutti che la transizione energetica e la decarbonizzazione sono ora più che mai un obiettivo che, inevitabilmente, in modo graduale, ma deciso, dovremo realizzare. Perché se la pandemia ci ha travolto in un vortice di disagi sanitari, sociali ed economici senza precedenti, ci ha anche offerto l'occasione unica di rilanciare l'economia in chiave green e di sfruttare le enormi potenzialità del nostro Paese per lasciarci alle spalle modelli basati sul consumo di energia fossile e lo spreco di risorse naturali. Su questo fronte abbiamo tutte le carte in regola per perseguire questi obiettivi e far ripartire l'Italia.

DOI 10.12910/EAI2020-025



di **Gianni Pietro Girotto**, *Presidente della 10ª Commissione permanente Industria, Commercio, Turismo del Senato della Repubblica*

Se ne parla da anni alle Conferenze ONU sui cambiamenti climatici, è uno degli argomenti chiave sui tavoli di discussione dei principali organismi internazionali che si occupano di clima, è l'obiettivo verso cui tendono le varie direttive europee in materia di energia, efficienza energetica e innovazione, e un obbligo morale nei confronti delle nuove generazioni che a gran voce reclamano il diritto sacrosanto ad un futuro migliore e più pulito. È abbastanza chiaro ormai a tutti **quanto la transizione energetica verso un'economia decarbonizzata sia ora più che mai un passaggio, un obiettivo, che inevitabilmente in modo graduale, ma deciso, dovremo realizzare.** Ora più che mai perché, se da una parte la pandemia ci ha travolto in un vortice di disagi sanitari, sociali ed economici senza precedenti, dall'altra ci ha offerto su un piatto d'argento l'occasione unica di rilanciare l'economia post COVID-19 in chiave green e sfrutta-

re le enormi potenzialità che il nostro Paese possiede per lasciarci alle spalle modelli basati sul consumo di energia fossile e sullo spreco delle risorse naturali. Perché, come ha detto il Presidente del Consiglio Giuseppe Conte, forse troveremo un vaccino per il virus, ma sicuramente non ce n'è uno per il cambiamento climatico.

Rimettere in moto la vita sociale e produttiva del Paese con progetti che portino benefici e valore a tutti è un'opportunità tutt'altro che campata per aria. Poco più di due mesi fa, anticipando di almeno un anno la loro comparsa, è stata da noi approvata una norma che consente di realizzare le prime Comunità energetiche, rivoluzionando così per sempre il modello di produzione, distribuzione e consumo dell'energia. Inoltre, **attraverso quattro grandi strumenti – il conto termico e le detrazioni fiscali sui progetti di riqualificazione degli edifici, le nuove possibilità di autoproduzione e autoconsumo dell'energia offerte appunto**

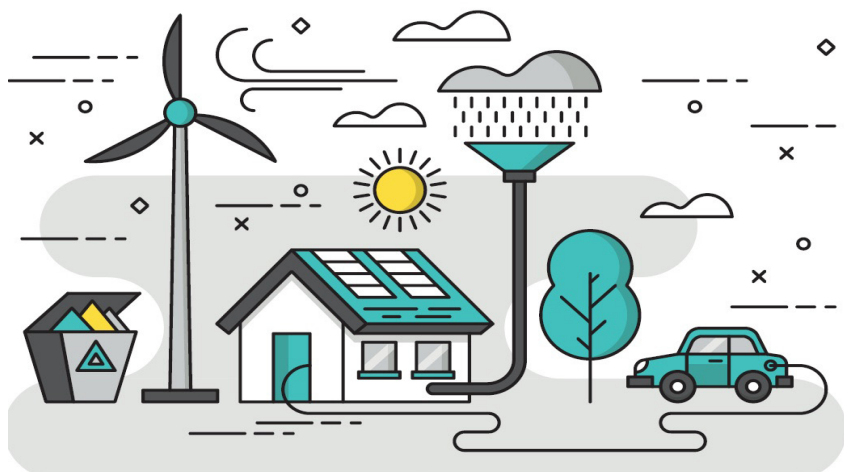
dalle Comunità energetiche, e la possibilità di fare i suddetti interventi di riqualificazione a bassissimo costo grazie alla “cessione del credito fiscale” e allo “sconto immediato in fattura” sul costo del progetto – milioni di cittadini hanno la possibilità reale di dimezzare la bolletta energetica. Si tratta di strumenti che ci consentono di mettere mano a milioni di vecchi edifici, per trasformarli in edifici più efficienti, più confortevoli e con un consumo dimezzato sia per il miglior isolamento sia perché sono essi stessi produttori di energia.

Dimezzare il costo delle bollette per i condomini

I vantaggi che ne derivano sono enormi. Pensiamo solo al fatto che in Italia ci sono 20 milioni di italiani che vivono all'interno di 1,2 milioni di condomini (nella maggior parte dei casi piuttosto vecchi) e che sprecano più della metà dell'energia acquistata per scaldarli d'inverno e raffrescarli

d'estate. Ora, in un colpo solo possiamo non solo dimezzare il costo delle bollette per i condomini, ma abbassarlo anche per tutti gli italiani, dal momento che con l'aumento della diffusione degli impianti a fonte rinnovabile, aumenterà anche il decentramento dell'offerta di elettricità e diminuirà lo stress di rete, il cui notevole costo viene pagato da tutti. Senza tralasciare il fatto che **puntare sulle Comunità energetiche** significa anche migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici, abbattere le emissioni climalteranti e **diminuire considerevolmente il fabbisogno nazionale di energia, e quindi la dipendenza energetica (e politica) da altri Paesi**. L'efficiamento energetico del patrimonio abitativo del Paese si traduce, poi, nella possibilità concreta di far ripartire la filiera edile e produttiva di tecnologie innovative, incentivando la creazione di centinaia di migliaia di posti di lavoro green, da Nord a Sud d'Italia, e rimettendo in moto le nostre micro, piccole e medie imprese, con un indotto in termini di benefici economici e ambientali incommensurabile.

La crisi conseguente all'emergenza da COVID-19 ha velocizzato anche la riflessione sul settore della mobilità e su quanto sia urgente ripensarla in chiave decarbonizzata, elettrica e condivisa, per agevolare l'adozione di nuove soluzioni non solo per il trasporto privato, ma anche per quello pubblico locale. Intorno a questo importante argomento abbiamo la necessità di adeguare l'intera filiera dell'*automotive* ai nuovi tempi. Una sfida centrale che il sistema produttivo del Paese saprà cogliere anche grazie agli strumenti e alle misure che il Governo sta mettendo in campo. La crisi rappresenta un'opportunità per ripensare persino il sistema turistico culturale, comparto fondamentale per il benessere economico del Paese, e tra i più



colpiti dagli effetti della pandemia.

7 miliardi di euro per l'innovazione tecnologica e investimenti green

Fondamentale per l'avvio di una nuova politica industriale nazionale che possa sostenere una veloce ripresa dell'economia dopo l'emergenza COVID sarà l'innovazione tecnologica e green. **Con il decreto attuativo del Piano Transizione 4.0, firmato dal Ministro dello Sviluppo Economico Stefano Patuanelli, saranno mobilitati 7 miliardi di euro di risorse per le imprese che maggiormente punteranno su innovazione, investimenti green, ricerca e sviluppo, attività di design e innovazione estetica e formazione 4.0.** Una manovra, che appoggio pienamente, che fa leva su settori strategici per favorire il processo di transizione digitale del nostro sistema produttivo, e che consentirà alle imprese di condurre gli investimenti con maggiori certezze. Promuovere la sostenibilità ambientale dei processi produttivi e aziendali, favorendo un modello di economia circolare che riduca gli scarti, abbatta le emissioni e migliori la sicurezza ambientale, è un'occasione di rilancio economico e

innovazione da cui ripartire, per supportare la competitività delle nostre imprese e valorizzare il Made in Italy. Questi e altri ambiti operativi, necessari per la transizione energetica e la decarbonizzazione, sono pienamente in linea con il Green Deal europeo che, al centro della sua azione per la creazione di una società giusta e prospera, con un'economia di mercato moderna dove le emissioni di gas serra saranno azzerate e la crescita sganciata dall'utilizzo delle risorse naturali, sta definendo un nuovo quadro di regole tra gli Stati, nelle quali la "carbon tax" avrà un ruolo centrale e non più procrastinabile. Un dibattito, quello sulla carbon tax, nel quale l'Italia deve essere e sarà protagonista. **Programmare la ripresa in chiave green e porre le basi di un nuovo patto tra le forze produttive e le forze sociali è l'insegnamento più grande che possiamo cogliere dalla crisi provocata dal COVID e, se è vero che la transizione energetica e la decarbonizzazione rimangono priorità per l'Italia e l'Europa, è altrettanto vero che abbiamo tutte le carte in regola per perseguirla e far ripartire il nostro Paese.**

La neutralità energetica è l'imperativo per una vera decarbonizzazione

La crisi innescata dal COVID-19 offre un'occasione importante per riflettere sul futuro del sistema energetico, trovare nuovi stimoli e raggiungere gli ambiziosi obiettivi del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima. In questo contesto, per una decarbonizzazione vera e sostenibile dal punto di vista economico e sociale, è essenziale la 'neutralità energetica', con libertà nelle scelte tecnologiche, la sostituzione integrale del gas e la promozione di tutte le fonti rinnovabili – eolico, fotovoltaico, ma anche geotermia, idrico, biomasse – nel rispetto dei limiti di qualità dell'aria e tutela del sottosuolo.

DOI 10.12910/EAI2020-026



di **Luca Squeri**, X Commissione Attività Produttive, Commercio e Turismo - Camera dei Deputati, Responsabile Energia di Forza Italia

Il tema dell'energia è stato fondante e comune per l'Europa a partire dal Trattato di Parigi del 1951 che lo poneva come base del processo di integrazione europea. Oggi resta un tema cruciale, ma i confini sono più ampi considerando che l'utilizzo e l'accesso all'energia e le conseguenti emissioni climalteranti sono ormai temi condivisi a livello globale. **L'obiettivo della neutralità carbonica al 2050 che vedrebbe l'Europa primo continente al mondo carbon-free, è ambizioso e sfidante, ma anche necessario e possibile. Purtroppo, a fronte di generali e pubbliche dichiarazioni di adesione all'idea di accelerare il processo di decarbonizzazione, non sono seguite nel nostro Paese azioni coerenti. C'è una dichiarata promozione del vettore elettrico per favorire il superamento dei combustibili fossili, ma non c'è un piano per generare l'elettricità in modo sosteni-**

bile. Da più parti si invoca la mobilità elettrica, ma come viene prodotta l'energia che la alimenta? Il vettore elettrico non è una fonte primaria, ma un prodotto. Perciò **non è mai l'utilizzo di tale vettore che garantisce la sua sostenibilità ambientale.** Il tema è la generazione elettrica.

La centralità della produzione elettrica

La Francia che ha oggi una importante produzione nucleare che copre l'85% del fabbisogno, sta de-elettrificando il sistema di riscaldamento degli edifici in vista della conclusione della propria produzione nucleare e ha promosso un programma che prevede l'installazione di 900.000 caldaie a biomassa. La Germania sta valutando come risolvere il problema della discontinuità della produzione elettrica da fonte eolica e solare che

rappresenta il 40% della produzione totale di energia elettrica e che arriva a coprire il 75% del fabbisogno in alcuni momenti, mentre scende al 15% in altri. Dunque, il tema è come allineare produzione discontinua e utilizzo al fabbisogno.

Nel confronto con Francia, Germania e Spagna, l'Italia si differenzia sostanzialmente per il ruolo quasi esclusivo di driver della decarbonizzazione lasciato al vettore elettrico dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC).

Ritengo invece che il raggiungimento degli obiettivi, ambiziosi, del PNIEC non possa prescindere dal principio di neutralità energetica e, dunque, dal sostegno di tutte le fonti rinnovabili e, quindi, da una maggiore libertà in merito alle scelte tecnologiche: non solo eolico e fotovoltaico ma anche geotermia, idrico, biomasse devono poter concorrere, nel rispetto dei limiti dettati



Impianto a biomasse di Olevano di Lomellina (Pavia). La centrale elettrica è alimentata da cippato di pioppo

dalla qualità dell'aria e dalla tutela del sottosuolo, al raggiungimento di una vera decarbonizzazione.

L'Italia non può trascurare, come invece sta facendo, biomassa e geotermia perché sono sorgenti che offrono grandi possibilità e in massima parte disponibili su tutta la Penisola e sottoutilizzate. Abbiamo in Europa 182 milioni di ettari di bosco. Dal 1990 la superficie è cresciuta del 5,2%. Lo stock di legna è cresciuto costantemente negli ultimi 50 anni e mediamente in Europa si utilizza il 70% dell'accrescimento. In Italia la superficie boscata si è triplicata dal 1951 raggiungendo 12 milioni di ettari, sui 35 totali del Paese. La gestione sostenibile delle foreste e dei prodotti agricoli migliora la capacità di assorbimento del carbonio e sviluppa costantemente nuove capacità di sequestro. La quantità di anidride carbonica che la foresta assorbe dipende dalla crescita degli alberi, non dalla loro semplice presenza. Le pratiche di selvicoltura e l'utilizzo dei sottoprodotti fino al recupero energetico influenzano decisamente questo processo. Eppure, utilizziamo solo il 25% dell'accrescimento, tre volte in meno della media europea

e siamo il primo importatore di materia prima legnosa.

I pregiudizi sulla biomassa

Esiste un diffuso pregiudizio sulla incidenza della biomassa sulla qualità dell'aria: in realtà, come per tutti i combustibili, mentre la CO₂ è il risultato della combustione, le emissioni inquinanti dipendono dalla qualità della combustione e quindi dalla qualità dell'apparecchio in cui avviene la combustione. Esiste ed è diffusa ormai, la tecnologia di caldaie che garantiscono livelli emissivi in termini di inquinamento ambientale paragonabili alla migliore tecnologia a gas mantenendo un vantaggio di riduzione di CO₂ del 90% rispetto al gas. RSE ha recentemente prodotto un'analisi molto precisa e condivisibile nel suo Dossier Biomasse. Un dato su tutti: Germania, Francia e Spagna prevedono al 2030 di produrre il 68% dell'energia termica da biomassa mentre il nostro attuale Governo immagina un contributo di questa risorsa ridotta al 30% e vede irrilevante anche la geotermia. La Commissione Europea ha chiesto all'Italia una maggiore am-

bizione nella termica rinnovabile, ma nell'Ecobonus di recente emanazione il Governo ha fatto una scelta esattamente contraria.

L'aumento della popolazione mondiale a 9,7 miliardi di persone al 2050, secondo una stima dell'ONU, porterà ad una carenza di terra disponibile per la produzione di cibo. **Sacrificare terreno oggi per produrre energia fotovoltaica non appare quindi la strada maestra da percorrere. Il fotovoltaico resta un'ottima soluzione sulle aree costruite e cementificate, ma lo è meno con riferimento ai terreni.** Da questo punto di vista, ritengo condivisibili i progetti di *revamping* e *repowering* degli impianti esistenti volti a consentire l'efficientamento del parco esistente attraverso l'uso delle Best Available Technologies (BAT) e quindi il prolungamento del suo ciclo di vita senza incrementare l'uso del suolo ad esso dedicato.

Per l'eolico è evidente che il settore continua a scontare, oltre ai numerosi vincoli ambientali dovuti al suo significativo impatto paesaggistico – aspetto non secondario in un Paese come l'Italia - anche il peso di una burocrazia cieca e dannosa. **Se le istanze ambien-**

tali meritano riguardo è altrettanto importante definire al meglio i tempi dei procedimenti autorizzativi nonché, più in generale, procedere ad una semplificazione del quadro normativo esistente.

Rinnovare il downstream petrolifero

Superare le fonti fossili significa andare oltre il gas e perciò prevedere la sua integrale sostituzione. L'Italia dipende per oltre il 42% dal gas, contro la media europea del 21%. Pur riconoscendo l'estrema importanza nel processo di transizione energetica, abbiamo la necessità strategica di ridurre la nostra dipendenza dal gas a velocità doppia rispetto agli altri Paesi europei. Cosa può dire del fossile, nel percorso della transizione energetica che ha come obiettivo

il suo sostanziale decadimento, chi come il sottoscritto è cresciuto a Metanopoli ed è attivo nel settore della distribuzione di carburanti da più di trent'anni, avendo ricoperto un ruolo importante nella rappresentanza di una parte della filiera? Dobbiamo seguire con la massima attenzione e supportare l'impegno profuso dagli operatori del settore nel processo di trasformazione.

Il downstream petrolifero italiano già nel periodo pre-COVID-19 era costituito da un sistema infrastrutturale sovradimensionato rispetto alla domanda, con effetti sulla competitività e sulla sostenibilità economico-finanziaria del settore. La flessione dei consumi causata dal COVID-19 accentuerà e accelererà il trend di calo della domanda già previsto dagli scenari di transizione energetica in flessione di

1-2% all'anno per via dell'evoluzione della mobilità.

Da questo punto di vista, è possibile una accelerazione della transizione nella misura in cui saranno assecondati i trend di riduzione dei consumi e promosse, attraverso le misure di sostegno previste per i Paesi europei, iniziative coerenti con gli obiettivi della transizione energetica.

Il settore del downstream petrolifero aveva già avviato una importante fase di trasformazione e, nel post COVID-19, sarà necessario promuovere il consolidamento del processo di riconversione dei siti industriali e delle stazioni di servizio in modo da permettere la produzione e distribuzione di vettori energetici o altri prodotti a basso o nullo impatto carbonico, in sostituzione delle produzioni e vendite di prodotti fossili.



Veicolo alimentato da biometano ricavato dalle acque reflue del depuratore di Bresso-Niguarda (Milano), frutto della collaborazione tra FCA e Gruppo CAP

Tuttavia occorre anche garantire il mantenimento, a condizioni più sostenibili, delle produzioni e degli asset tradizionali che saranno chiamati ancora nel prossimo decennio a sostenere il processo di transizione (solo nella mobilità e solo riferendoci ai veicoli *light duty*, anche gli scenari più aggressivi prevedono circa 6 milioni di veicoli elettrici al 2030 su un totale attuale di 38 milioni circolanti in Italia ed a questi si aggiungono i mezzi pesanti *heavy duty*).

Solo così potremo rispondere in maniera coerente all'esigenza di trarre la transizione in modo sostenibile anche dal punto di vista economico e sociale. Esistono già esempi virtuosi nel campo della raffinazione, come nel caso della riconversione in bio-raffinerie delle raffinerie Eni di Venezia e Gela che hanno tolto dal mercato 10 milioni di tonnellate all'anno di grezzo lavorato sostituendolo con circa un milione di tonnellate di cariche di origine vegetale, scarti e rifiuti.

I rifiuti costituiscono una grande opportunità di trasformazione industriale grazie allo sviluppo e applicazione di processi e tecnologie in grado di trasformare i rifiuti urbani, organici e non, e le plastiche non riciclabili in prodotti commercializzabili, come l'idrogeno, il metanolo, carburanti e altro. Gli impianti tradizionali esistenti si prestano alla trasformazione perché possono essere in parte riutilizzati e ci sono le competenze maturate in decenni di attività industriale. Tali progetti si inseriscono nel processo di transizione verso l'economia circolare, dove i prodotti e gli asset vengono valorizzati il più a lungo possibile nel loro ciclo di vita,

con il molteplice obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, rendere più sicuro l'approvvigionamento, diminuire i costi di produzione e continuare a garantire la competitività degli asset esistenti.

La mobilità resta uno dei capitoli più complessi

C'è una diffusa idea che elettrificare i trasporti sia la soluzione. Lo sviluppo degli accumulatori e dei sistemi di produzione elettrica rinnovabile richiederà alcuni decenni. Oggi per stoccare l'energia di un litro di benzina occorre una batteria del peso di 100 kg. E non c'è la possibilità di produrre energia elettrica rinnovabile per coprire il fabbisogno attuale. La mobilità elettrica richiederebbe il raddoppio dei consumi elettrici odierni e la conseguente capacità produttiva. **Il rischio che corriamo è quello di investire grandi risorse e aspettative rincorrendo una tecnologia in evoluzione che ha attese importanti, ma anche criticità preoccupanti.** Un esempio? La rete delle stazioni di servizio, che in Italia sono un numero più che doppio rispetto a quello degli altri Paesi europei e hanno un erogato medio bassissimo (meno di 1,5 milioni di litri all'anno), andrebbe ristrutturata completamente, chiudendo quelle eccessivamente piccole e mal posizionate (come prevede già la Legge 4 agosto 2017, n. 124) per utilizzarle per altri scopi (parcheggi, colonnine di ricarica elettrica ecc.) e migliorando le altre, assicurando la fornitura di nuovi prodotti (idrogeno, biocarburanti puri, biogas compresso e liquefatto, colonnine elettriche) e di servizi diversi alla mobilità, miglio-

randone la competitività e i risultati economici.

Per fare tutto ciò occorre, da una parte, agevolare le trasformazioni industriali, stimolandole e rendendo più facili e veloci le bonifiche necessarie e il riutilizzo delle aree e, dall'altra, dare seguito finalmente alla legge sulla chiusura delle stazioni di servizio piccole e mal posizionate, anche qui agevolando le bonifiche e il riutilizzo delle aree. Si tratta di un percorso complesso che però potrà trovare supporto e stimolo proprio negli interventi europei per la ripresa e nel Green Deal, assicurando il mantenimento dell'occupazione e del tessuto industriale.

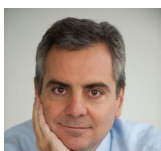
La logica complessiva dell'orientamento delle scelte energetiche non può mai prescindere dalla loro sostenibilità economica e sociale. Basti pensare alla tassa sulla CO₂. Abbiamo gli esempi virtuosi della British Columbia e della Germania, dove gli sconti sulle bollette sono risultati superiori al gettito dell'imposta e si è riusciti a misurare la reale efficacia delle tecnologie applicate. Ma vi sono stati anche esempi clamorosamente negativi come quello francese, dove alla progressività della tariffa non è seguita una adeguata compensazione sulle bollette, con le conseguenze drammatiche generate dalle proteste dei gilet gialli.

La crisi innescata dal COVID-19 offre dunque un'occasione importante per riflettere sul futuro del sistema energetico e per trovare nuovi stimoli nella transizione. È chiaro che non si tratta di carenza di risorse quanto piuttosto di capacità di indirizzo, di scelte, di orientamento, capacità di governo in ultima analisi.

La new energy lending della BEI

Dalla fine di quest'anno, tutte le attività di finanziamento del Gruppo BEI saranno in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi sul clima e, dalla fine del 2021, non verrà più finanziato alcun progetto di produzione di energia da fonti fossili. E nel decennio 2021-2030, i finanziamenti del Gruppo BEI mobileranno 1.000 miliardi di euro di investimenti sostenibili nei settori dell'ambiente e dell'azione per il clima

DOI 10.12910/EAI2020-027



di **Dario Scannapieco**, Vicepresidente della BEI e Presidente del Fondo europeo per gli investimenti

Il Consiglio di amministrazione della Banca europea per gli investimenti, che è anche azionista principale del Fondo europeo per gli investimenti, ha annunciato nel novembre 2019 una *Nuova politica di finanziamento al settore energetico*.

Il new deal si è reso necessario perché il contrasto al cambiamento climatico è la sfida cruciale dei nostri anni. L'attività della BEI, la banca della UE, svolge quindi un ruolo chiave all'interno del Green Deal europeo, varato a gennaio 2020 dal Parlamento di Strasburgo e il cui obiettivo è il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050.

Il soccorso e il rilancio dell'economia duramente colpita dalla pandemia da COVID-19, nei mesi successivi, ha all'apparenza fatto passare in secondo piano la priorità del clima. Ma solo all'apparenza: la BEI sta continuando a valutare ed approvare finanziamenti "green", come dimostrano alcune operazioni annunciate la scorsa estate, ad esempio gli investimenti del Gruppo Ferrovie dello Stato per l'acquisto di 135 nuovi treni regionali meno inquinanti o il sostegno ai Piani pluriennali di enti locali come la Provincia auto-

noma di Trento e il Lazio, dove si ha un connubio tra gli obiettivi sul clima e la ripresa post-COVID.

Il new deal energetico della BEI

Quattro i pilastri-target del *new deal* energetico della BEI:

- 1) i nuovi finanziamenti saranno finalizzati ad accelerare l'innovazione nel settore dell'energia pulita, dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili;
- 2) a partire dalla fine del 2020, tutte le attività di finanziamento del Gruppo BEI saranno perfettamente in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi.
- 3) dalla fine del 2021 la BEI non finanzia più alcun progetto riguardante la produzione di energia da combustibili fossili;
- 4) nel decennio 2021-2030, i finanziamenti del Gruppo BEI mobileranno 1.000 miliardi di euro di investimenti sostenibili nei settori dell'ambiente e dell'azione per il clima.

A livello di peso complessivo di fonti di produzione, il target della BEI è quello di dare un contributo decisivo al rag-

giungimento dell'obiettivo del 32% di rinnovabili in tutta l'UE entro il 2030.

Una Banca del clima

Entrando nel dettaglio, la nuova politica energetica prevede, a partire dal 2022, l'impossibilità di finanziare progetti di infrastrutture di gas naturale ad alto contenuto di carbonio, o che producano calore su larga scala o emissioni di gas a effetto serra nell'atmosfera oltre una certa soglia (250 gCO₂/kWh). Queste linee guida non influiscono in alcun modo sulla continua ammissibilità dei progetti di mobilità basati su carburanti alternativi o sull'ammissibilità di progetti in settori ad alta intensità energetica. **I progetti di mobilità ammissibili saranno quelli che sfruttano combustibili alternativi come elettrico e idrogeno o biocarburanti, e connettività digitale della rete per il controllo di costi e consumi.** Ciò andrà di pari passo con una **incentivazione dell'economia circolare per la protezione degli ambienti marini e terrestri.**

I progetti di generazione di energia a base di gas naturale finanziabili risponderanno ad uno standard elevato, specificatamente vagliato dagli



esperti del Gruppo BEI. I programmi di ristrutturazione degli edifici e il ripristino dell'estensione dei sistemi di teleriscaldamento che sostituiscono carbone e petrolio con caldaie a gas, risponderanno alle condizioni di efficienza energetica stabilite nella nuova *policy*. Ciò è importante per i programmi di efficienza energetica intermediati dalle banche. Questi progetti ci consentiranno di sostenere i piani di decarbonizzazione delle numerose società del gas in Europa con cui collaboriamo da decenni.

Inoltre, **entro il 2030 la BEI aumenterà la sua quota di investimenti in favore di clima e ambiente fino ad almeno il 50% del volume complessivo delle sue attività.** Questo favorirà la riconversione o la creazione di industrie "green" e posti di lavoro, in linea gli obiettivi che ci siamo posti in quanto banca del clima. La tabella di marcia che il Gruppo BEI sta adottando, la cosiddetta "Roadmap", prevede, fra l'altro, consultazioni con la società

e le controparti interessate, l'adozione della tassonomia dettata dall'Unione Europea, l'integrazione dei rischi climatici fra i parametri di valutazione dei progetti e un programma di consulenza potenziato.

Tutti i Paesi dell'UE possono contare sul sostegno della BEI per far fronte a queste sfide.

In Italia continuare a incentivare il passaggio alle rinnovabili

In Italia è importante continuare ad incentivare il passaggio alle rinnovabili, che contano già per il 36% delle fonti di produzione di energia elettrica. Nel complesso, le emissioni di CO₂ in Italia sono sotto la media europea (-18,9%). L'industria manifatturiera in Italia, con i suoi 3,4 MJ/valore aggiunto, è tra quelle che richiedono meno energia in Europa. Ma non basta.

Le istituzioni finanziarie europee ci ricordano quanto crescita, sostenibi-

lità, incentivi verdi legati alla digitalizzazione e alla ricerca debbano andare d'accordo.

Le ambiziose politiche di sostenibilità ambientale devono trovare un riscontro nel mercato dei capitali, per il quale, a livello europeo, si lavora alla rimozione di barriere geografiche e legislative con il programma "Capital Markets Union", il quale potrebbe prevedere piani di investimento a lungo termine come sostegno paziente alla riconversione sostenibile, ad esempio tramite i cosiddetti European Long Term Investment Funds (ELTIFs).

In conclusione, **la strada per la lotta al cambiamento climatico è appena iniziata, ma le linee sono chiare. Solo da una collaborazione decisa, intensa e proficua tra istituzioni europee, nazionali e operatori del mercato si potrà rispettare la tabella di marcia e arrestare il processo di distruzione del pianeta.**

Lo scenario della ripresa post-COVID dal punto di vista della ricerca sul sistema elettrico

La situazione che drammaticamente si è imposta all'attenzione di tutti con la pandemia da COVID-19 è stata un fattore disruptivo di molte delle ipotesi alla base dei piani energetici, ma anche un vero e proprio stress test che ha fornito elementi di riflessione sulle strategie da mettere in campo per la ripresa. Come organismo impegnato nell'elaborazione ed analisi di scenari a supporto delle politiche energetiche, RSE ha realizzato quattro studi condivisi con la comunità dei ricercatori e dei tecnici dal titolo emblematico, "Un esperimento che non avremmo mai voluto fare".

DOI 10.12910/EAI2020-028



di **Maurizio Delfanti**, Amministratore Delegato Ricerca Sistema Energetico - RSE SpA

Le conseguenze della crisi sanitaria provocata dalla pandemia da COVID-19 hanno evidentemente investito anche il sistema energetico, per la drastica e repentina variazione del modo di vita e degli assetti della popolazione. Non sono mancate le analisi e i commenti sull'andamento di parametri in qualche misura connessi con il sistema elettrico, nell'ambito della più generale riduzione dei consumi di energia come conseguenza della sospensione di gran parte delle attività abituali.

Nella prospettiva di un organismo di ricerca come RSE, impegnato nell'elaborazione ed analisi di scenari a supporto delle politiche energetiche, la situazione che drammaticamente si è imposta all'attenzione di tutti ha costituito da una parte un fattore di *disruption* di molte delle

ipotesi formulate a supporto degli scenari, dall'altra un vero e proprio esperimento di perturbazione, uno *stress test*, che non avremmo mai voluto fare, ma che ora è necessario considerare a fondo. Nel bel mezzo della crisi e del lockdown, abbiamo quindi avviato un lavoro di analisi dei dati disponibili, da continuare certo e da approfondire, avvalendoci delle competenze che, nel tempo, abbiamo costruito, messo a punto, e utilizzato in diversi settori. I risultati preliminari di questi studi sono stati prontamente condivisi con la comunità dei ricercatori e dei tecnici dell'energia tramite la diffusione di brevi saggi redatti in modo da essere divulgabili anche dalla stampa specializzata. Sono ad oggi disponibili quattro nostri DossierRSE (www.dossierse.it) sul tema "Un esperimento che non avremmo mai voluto fare".

Il primo DossierRSE riguarda la si-

tuazione del sistema e del mercato elettrico nel mese di marzo 2020, in paragone con l'analogo periodo dell'anno precedente.

Esaminando il contributo delle diverse fonti energetiche, si osserva che la produzione termoelettrica è diminuita del 16%, in modo più marcato rispetto alla domanda di energia. Ciò era prevedibile considerando che le fonti rinnovabili hanno costo variabile di produzione molto basso, ed è quindi l'utilizzo di gas e carbone ad essere prioritariamente ridotto.

Fra le fonti rinnovabili, la cui produzione è influenzata principalmente dalla disponibilità, si nota un forte aumento dell'idroelettrico (+32%) e un altrettanto netto calo dell'eolico (-28%) e in minore misura del fotovoltaico (-13%). Nel complesso, la produzione da rinnovabili nel marzo 2020 è solo di poco inferiore a quella dello stesso mese 2019 (-4%).



Un mix di produzione dominato dalle rinnovabili

Domenica 5 aprile 2020 è stata particolarmente significativa: alla bassa domanda tipica di una domenica di primavera, ulteriormente ridotta a causa del lockdown, si è accompagnata una sostenuta produzione da fonti energetiche rinnovabili, e in particolare da fonti rinnovabili non programmabili (FRNP - sole e vento). Nello specifico, **si è arrivati ad una quota di produzione media oraria del 70% da rinnovabili e del 59% da sole e vento.** Questa giornata è quindi risultata, molto più della media annuale, prossima alla situazione di un sistema elettrico fortemente de-carbonizzato, complice anche il basso prezzo del gas che ha ridotto ai minimi termini la produzione da carbone, simulando una sorta di “phase-out”. **È una situazione prossima al sistema elettrico al 2030 disegnato dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), come peraltro osservato da numerosi altri commentatori. Un mix di produzione dominato dalle rinnovabili (ahimè per effetto di un calo non proprio fisiologico) ha quindi potuto essere sperimentato nella realtà:** il sistema ha retto e i gestori hanno saputo limitare veramente al minimo eventuali conseguenze per gli utenti. In realtà, la disponibilità di sole e vento non ha avuto caratteristiche tali da incidere pesantemente sul ricorso ai cicli combinati a gas e così il contributo delle rinnovabili non è stato tagliato in modo drastico. Abbia-

mo peraltro osservato un **forte innalzamento dei costi di bilanciamento: un fatto che rafforza la necessità di procurarsi opzioni e nuovi strumenti che aumentino la flessibilità delle reti man mano che l’installazione di rinnovabili procede.**

Abbiamo poi portato l’analisi ad un livello più locale, per cogliere alcune delle implicazioni energetiche del cambiamento nelle condizioni di vita delle persone e delle comunità. Tale cambiamento, seppur avvenuto in tutta Italia a partire dai primi di marzo, quando il Governo ha disposto lo “stare a casa” generalizzato, ha avuto peraltro una più completa attuazione in Lombardia, la regione che ha sperimentato dolorosamente la maggior incidenza del virus. Ci siamo avvalsi di una conoscenza approfondita di alcune caratteristiche del territorio in cui RSE è ubicato e di un network di consolidate collaborazioni, fondamentali per contestualizzare le osservazioni.

Abbiamo quindi dedicato un **successivo DossierRSE alle variazioni territoriali del carico elettrico della rete di distribuzione, mettendole in relazione alle caratteristiche delle utenze e al progredire delle misure di lockdown.** Nel mese di marzo 2020 la domanda nazionale (corretta per gli effetti climatici e del numero di giorni lavorativi) è risultata del 10,8% inferiore allo stesso mese del 2019.

Per quanto riguarda invece le reti delle due città servite da UNARETI (gruppo A2A), a Brescia, rispetto al periodo immediatamente precedente, si è registrato un calo percentuale pari al 39,4% nella settimana del 6 aprile; a Milano del 19,4% nella settimana del 16 marzo. Ma le variazioni nelle ore della giornata e nelle varie porzioni della rete di media tensione sono state spesso assai più pronunciate ed inattese. Ad esempio, a Brescia, i nodi delle cabine di distribuzione che forniscono energia nella zona industriale hanno mostrato carichi inferiori fino all’83% nel periodo di chiusura; a Milano, capitale del terziario, la riduzione è stata

un po’ più uniforme. L’“esperimento” ha richiesto l’impiego di tecniche di big data per analizzare una messe di dati quarantari veramente imponente, generosamente messi a disposizione da UNARETI, il DSO concessionario. **È emersa chiaramente la necessità, per i gestori delle reti di distribuzione, di potenziare i sistemi di previsione del carico per poter garantire la qualità della fornitura, non solo per quanto riguarda fenomeni imponenti come quelli avvenuti in questa emergenza, ma anche per affinare la conoscenza delle esigenze dei clienti.**

Smart working e qualità dell’aria

Il coinvolgimento degli utenti del servizio elettrico è riassunto nello slogan “il cliente al centro” che viene ripreso dalle principali utility, anche sulla spinta delle indicazioni dell’Unione Europea. Ed effettivamente il comportamento dei cittadini, le loro abitudini di vita, le condizioni sociali che determinano il fabbisogno di energia, specie nelle città, sono oggetto di grande attenzione da parte degli operatori, al pari delle amministrazioni. Ancora una volta l’**“esperimento COVID” ha permesso di valutare, con la brutalità del lockdown, il possibile impatto dello “smart working” sulla domanda di mobilità nel capoluogo lombardo.** Infatti, incrociando i dati (anonimi e criptati) sulle posizioni dei cellulari con quelli rilevati dall’Agenzia della Mobilità del Comune (AMAT), si è giunti a stimare un calo di spostamenti fino al 55%. Questi spostamenti sono riferibili alla popolazione di “occupati” (lavoratori e studenti) e “occasionalisti” con un’incidenza maggiore (65%) per gli occupati, che costituiscono circa il 70% dei residenti. Con opportune ipotesi, e grazie a dati pregressi sull’utilizzo di diverse opzioni di trasporto per gli abitanti del Comune, è stato quindi possibile quantificare l’apporto specifico di misure di riduzione della mobilità che le autorità metropolitane sono chiamate a bilanciare nei prossimi mesi

– potenziamento del TPL, incentivo alla mobilità “dolce”, ricorso allo smart working. Per dare un’idea, nella nostra stima, un ricorso esteso allo smart working potrebbe consentire di evitare emissioni pari a 500 tonnellate al giorno di PM_{2,5} e 1.300 tonnellate di CO₂. Infine, visto che si è introdotto il tema dei trasporti, indubbiamente decisivo per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione, e finora aggredito in modo molto ridotto da tecnologie *carbon free*, non abbiamo voluto trascurare il tema della qualità dell’aria. Infatti, specie nelle situazioni urbane, è importante riconoscere le varie sorgenti di inquinamento per valutare interventi nell’uso. La riduzione del traffico registrata a Milano ha permesso di “togliere” fisicamente una fonte di inquinanti, tra i quali in

particolare gli ossidi di azoto, considerati un buon tracciante specifico. Grazie a condizioni atmosferiche di dispersione sufficientemente simili a quelle del corrispondente periodo dell’anno precedente, abbiamo avuto quindi l’opportunità di validare l’ottima funzionalità della suite di modelli utilizzati da RSE per simulazioni di impatto dei diversi interventi per migliorare la qualità dell’aria. In conclusione, **abbiamo potuto verificare che per realizzare risultati consistenti di riduzione degli inquinanti atmosferici, le politiche di riduzione delle emissioni dei veicoli con motore a combustione interna devono necessariamente essere applicate con continuità e in modo estensivo, pena la sostanziale ininfluenza sulle condizioni di qualità dell’aria.**

In sintesi, avvalendomi di alcuni esempi tratti dal lavoro corrente del nostro organismo di ricerca, attento a cogliere nelle condizioni che abbiamo attraversato anche gli spunti necessari per supportare i decision maker sulle politiche energetiche ed ambientali, ormai inscindibilmente legate, ho cercato di delineare un percorso che la comunità scientifica ha avviato per sostanziare con dati ed esperienze le proposte di interventi necessari per una ripresa sostenibile dopo la crisi pandemica. Con l’auspicio che, collaborando insieme come è avvenuto in questo periodo, ricercatori, operatori e amministrazioni, a tutti i livelli, possano rapidamente individuare le strade a disposizione per la ripartenza.



Una veduta delle vie di Milano durante il lockdown
Foto: Andrea Cherchi

Innovazione tecnologica, chiave di volta per la transizione

Il settore energetico sta attraversando una fase di cambiamento senza precedenti: la diffusione delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica, la penetrazione del vettore elettrico e la digitalizzazione delle reti stanno aprendo spazi crescenti a modelli di business focalizzati più sull'offerta di un'ampia gamma di servizi che sulla mera fornitura della commodity. Le politiche nazionali ed europee devono accompagnare e favorire questo cambiamento e, nella fase critica che stiamo vivendo, il Green New Deal può essere una grande occasione di rilancio così come il PNIEC che potrà attivare investimenti per 110 miliardi di euro e 135.000 nuovi posti di lavoro al 2030.

DOI 10.12910/EAI2020-029



di **Agostino Re Rebaudengo**, *Presidente di Eletticità Futura*

Il settore energetico sta attraversando una fase di cambiamento senza precedenti.

Grazie alla diffusione delle energie rinnovabili, l'incremento dell'efficienza energetica, il maggior utilizzo del vettore elettrico nei consumi finali e la digitalizzazione delle reti, il sistema energetico tradizionale sta lasciando spazio a modelli di business focalizzati più sull'offerta di un'ampia gamma di servizi che sulla mera fornitura della commodity energia. Le politiche nazionali ed europee dovranno accompagnare e favorire questo cambiamento. Va sicuramente in questa direzione la Direttiva Red II, presente all'interno del Clean Energy for All Europeans Package, che vincola gli Stati membri a raggiungere una quota di FER del 32% sul totale dell'energia generata entro il 2030.

Il nuovo regolamento sulla Governance, diffuso nel 2018, ha inoltre

stabilito l'adozione da parte degli Stati membri di Piani Nazionali Energia e Clima per raggiungere i target al 2030. L'Italia ha pubblicato lo scorso gennaio 2020 il PNIEC (Piano Nazionale Integrato Energia e Clima), frutto del lavoro del Ministero dello Sviluppo Economico, di quello dell'Ambiente, delle Infrastrutture e Trasporti e di un'ampia consultazione degli stakeholder in cui è stata parte attiva Eletticità Futura. Il Piano rappresenta un quadro di riferimento di medio termine chiaro attraverso la definizione di target in linea con le potenzialità tecnologiche e finanziarie degli operatori. Al 2030 l'Italia si è impegnata a raggiungere: una quota di rinnovabili del 30% nei consumi finali lordi di energia, corrispondenti a una quota del 55% nel settore elettrico; un target relativo al miglioramento dell'efficienza energetica del 43% rispetto allo scenario PRIMES 2007; una riduzione dei gas a effetto serra

del 33% per tutti i settori non ETS rispetto al 2005.

Per quanto concerne il settore elettrico, significa che il parco di generazione rinnovabile dovrà passare dai circa 54 GW installati (fotovoltaico 20 GW, idro 19 GW, eolico 10 GW e altre 5 GW al 2018) ad oltre 95 GW (prevalentemente fotovoltaico con incremento di 32 GW ed eolico con un aumento di 9 GW al 2030), di cui una quota importante sarà costituita da generazione distribuita che permetterà la nascita dei *prosumer* (*produttori-consumatori*).

Le opportunità del Green New Deal e il rischio-burocrazia

La sicurezza e l'adeguatezza del sistema nel breve e medio termine sono garantite dalla presenza di impianti prevalentemente alimentati a gas, attraverso il meccanismo del Capacity Market. È comunque assolutamente



necessario sviluppare il primo possibile un nuovo mercato elettrico che permetta la sostenibilità economica della nuova potenza rinnovabile e la diffusione di capacità di accumulo da pompaggi, da storage elettrochimici o power-to-X.

La Presidente della Commissione Europea Ursula von der Leyen ha però proposto con il Green New Deal obiettivi al 2030 ancora più ambiziosi che dovranno essere declinati nei prossimi mesi, al fine di rendere l'Europa il primo continente a impatto zero entro il 2050. Nel corso della recente consultazione pubblica indetta dalla Commissione sulle ambizioni climatiche al 2030, Elettricità Futura si è espressa a favore dell'innalzamento del target di riduzione delle emissioni di gas climalteranti ad almeno il 55%, dando un segnale forte sul percorso da intraprendere.

L'impatto degli obiettivi del PNIEC sul tessuto industriale e sociale del nostro Paese sarà rilevante ed è quindi auspicabile che un progetto come il Green New Deal possa costituire una grande occasione di rilancio in una fase critica come quella che stiamo vivendo. Secondo stime di Confindustria Energia, la realizzazione delle infrastrutture per raggiungere i traguardi del PNIEC attiverà investimenti per 110 miliardi di euro da qui al 2030 e 135.000 nuovi posti

di lavoro. Le imprese italiane sono pronte a rilanciare il settore delle rinnovabili, tracciando il disegno di un sistema sicuro, innovativo ed efficiente. Purtroppo, l'eccesso di burocrazia e salvaguardie sta rallentando il cammino verso questi obiettivi. Sarà dunque necessario lavorare sulle policy e promuovere un processo di efficientamento dell'apparato amministrativo al fine di introdurre iter autorizzativi con tempi certi e coerenti con gli obiettivi.

Il progresso tecnologico sta contribuendo e contribuirà ancor di più alla transizione energetica. Sono diverse le tecnologie che si apprestano ad avere un impatto profondo sul settore elettrico e non è possibile tracciare un quadro esaustivo senza il rischio che questo diventi obsoleto a breve. **La digitalizzazione e l'intelligenza artificiale rappresentano due alleati nello sviluppo delle rinnovabili e dell'efficienza energetica.**

Digitalizzazione e intelligenza artificiale

La digitalizzazione ha e avrà un impatto crescente sul settore elettrico con utilizzi diffusi a tutti i livelli, dalla gestione degli impianti di generazione ai consumi finali di energia elettrica, fino allo sviluppo di nuovi posti di lavoro e figure professionali in grado di produrre valore aggiunto tramite l'enorme disponibilità di dati. Basti pensare che il traffico globale dei dati su internet è passato dai 60 PB (1 petabyte o PB equivale a 10^{15} byte) del 1997 ai 1,1 ZB (1 zettabyte o ZB equivale a 10^{21} byte) del 2017. Si tratta di un incremento di quasi sei ordini di grandezza nell'arco di venti anni¹.

L'International Energy Agency stima

che entro il 2040 oltre un miliardo di famiglie e 11 miliardi di elettrodomestici intelligenti potrebbero essere interconnessi, grazie a contatori intelligenti e dispositivi digitali, potendo gestire le modalità e i tempi di scambio di elettricità con la rete. Lato domanda, in particolare i settori industria e trasporti, potrebbero arrivare a fornire 185 GW di flessibilità evitando investimenti per 270 miliardi di dollari in nuove infrastrutture elettriche; mentre gli edifici potrebbero ridurre il loro consumo di energia del 10% solo utilizzando i dati in tempo reale per migliorare l'efficienza operativa dei sistemi di illuminazione e climatizzazione.

Un recente studio della Commissione Europea² evidenzia inoltre come l'intelligenza artificiale avrebbe il potenziale di ridurre del 10% l'uso di energia elettrica consentendo di predire la domanda e la produzione in maniera più accurata e con maggiore anticipo rispetto ai sistemi tradizionali. Applicazioni dell'intelligenza artificiale potrebbero anche determinare un risparmio del 12% sul consumo di carburante per i voli aerei commerciali, ad esempio attraverso la selezione delle rotte con condizioni di vento più favorevoli. La società Deepmind, del gruppo Alphabet, ha utilizzato l'intelligenza artificiale già nel 2016 per ridurre l'uso di energia elettrica nei data centre Google, ottenendo un risparmio del 40%.

È quindi del tutto evidente l'importanza di saper e voler cogliere le opportunità determinate dall'innovazione tecnologica. Il settore elettrico italiano vuole raccogliere la sfida e auspica un quadro normativo e regolatorio finalmente stabile e favorevole agli investimenti.

¹ International Energy Agency, "Digitalization & Energy", 2017

² Commissione Europea, "Digital Transformation Monitor - USA-China-EU plans for AI: where do we stand?", 2018

Decarbonizzazione, elettrificazione del sistema e ‘rivoluzione’ delle reti

La crescente elettrificazione del sistema energetico è una scelta obbligata per la maggiore diffusione di prodotti e servizi alimentabili solo con l'energia elettrica, ma anche per garantire livelli di efficienza che consentano di rispettare la traiettoria di decarbonizzazione programmata dalla Commissione UE. La principale sfida che abbiamo davanti per realizzare i cambiamenti necessari alla transizione energetica è l'adeguamento delle reti elettriche attraverso una vera e propria rivoluzione copernicana.

DOI 10.12910/EAI2020-030



di **Giovanni Battista Zorzoli**, *Presidente del Coordinamento FREE*

La proposta della Commissione Europea per rilanciare le economie degli Stati membri, messe in crisi dal COVID-19, non dà adito a dubbi. La parte più cospicua del *Recovery Fund* è destinata a sostenere gli investimenti diretti degli Stati membri e a stimolare quelli privati, entrambi finalizzati allo sviluppo della transizione sia verde che digitale; una distinzione spesso formale, dato che senza una digitalizzazione spinta l'elettrificazione green non sarebbe realizzabile. Si tratta di un indirizzo coerente con la Comunicazione sul Green Deal europeo e con la successiva proposta di ridurre del 50-55% le emissioni di CO₂ entro il 2030, in modo da collocare il processo di carbonizzazione sulla traiettoria per arrivare nel 2050 a una riduzione tra l'80 e il 90%. Ed è sintomatico che il recente Piano Nazionale Integrato Energia Clima (PNIEC) elaborato in Germania si sia già allineato ad entrambi questi indirizzi europei, assumendo per il 2030 la riduzione di CO₂ più sfidante (-55%). Data l'influenza della

Germania sulle decisioni strategiche dell'UE, difficilmente quest'ultime assumeranno obiettivi difformi da quelli del PNIEC tedesco che, per realizzare la riduzione di CO₂ prevista al 2030, punta decisamente su una rilevante riduzione della domanda di energia primaria e su una altrettanto significativa accelerazione dell'elettrificazione del sistema energetico. A tal fine, la produzione elettrica rinnovabile nel 2030 soddisferà il 65% della corrispondente domanda e la mobilità elettrica contribuirà per il 47% all'elevata copertura da parte delle fonti energetiche rinnovabili ai consumi nel trasporto (27%).

Per l'Italia un doppio salto mortale

Attualmente il PNIEC italiano prevede di realizzare gli obiettivi al 2030 con un contributo del 55% delle fonti rinnovabili elettriche alla corrispondente domanda. Di conseguenza, con il prevedibile innalzamento dell'obiettivo di decarbonizzazione, la produzione elettrica rinnovabile dovrà coprire più del 60% della domanda. È l'equi-

valente di un doppio salto mortale, non perché manchino operatori dotati delle necessarie capacità finanziarie e gestionali, ma per le ben note lungaggini autorizzative (in Germania e in Spagna il permesso di costruzione di un impianto eolico si ottiene in due anni, in Italia mediamente in cinque, con punte fino a nove).

Nel trasporto, l'apporto delle rinnovabili ai consumi salirà un po' meno di quello tedesco (22%), ma la mobilità elettrica vi contribuirà solo per il 12%. In questo caso, per adeguarsi al nuovo obiettivo di decarbonizzazione ci vorrà per lo meno un doppio salto mortale carpiato.

D'altronde, non esistono alternative credibili. L'elettrificazione crescente del sistema energetico rappresenta una scelta obbligata, imposta dalla maggiore diffusione di prodotti e servizi alimentabili solo con l'energia elettrica, ma soprattutto dalla necessità di garantire livelli di efficienza che consentano di rispettare la traiettoria di decarbonizzazione programmata dalla Commissione europea.



Infatti, come ha icasticamente messo in evidenza il *World Energy Outlook 2018* dell'IEA nello *Special Focus on Electricity*, attualmente «l'elettricità rappresenta il 19% dei consumi finali di energia, ma, grazie alla più elevata efficienza di conversione media, soddisfa il 27% della domanda energetica utile»; e nel caso dell'auto, il coefficiente di conversione è largamente superiore al dato medio: per ogni unità di energia consumata, un veicolo elettrico ne fa risparmiare circa tre di prodotti petroliferi.

La rivoluzione delle reti

In futuro, la principale sfida riguarderà dunque l'adeguamento delle reti elettriche ai cambiamenti indotti da questa linea di sviluppo. Nel 2030 la produzione elettrica nazionale, connessa alle reti di distribuzione, dovrà passare dall'odierno 22% ad almeno il 40%, per superare certamente il 50% dieci

anni dopo. Percentuali che potrebbero essere più elevate, se le Comunità energetiche avessero uno sviluppo comparabile a quello di Paesi come Danimarca e Germania.

Già nel 2030, da un'architettura ad albero il sistema di trasmissione e distribuzione dovrà passare a un'architettura reticolare, certamente caratterizzata dallo squilibrio estate/inverno della produzione fotovoltaica, con i servizi di rete non più forniti da un numero limitato di grandi impianti di produzione, ma, individualmente o in forma aggregata, da un numero superiore a 2 milioni di impianti di produzione, dagli storage park e dalla domanda.

Una rivoluzione copernicana, non gestibile limitandosi a potenziare le reti, bensì con l'adozione integrata di un mix di innovazioni:

- trasmissione dati con tecnologia 5G (in prospettiva 6G) su una rete virtuale dedicata;
- utilizzo dell'Artificial Intelligence e di

Big Data per interventi preventivi e in tempo reale;

- elevato apporto di IoT (Internet of Things);
- esteso ricorso a sistemi di accumulo concentrati - anche stagionali, fra cui biometano e idrogeno verde - e distribuiti (con un importante contributo delle batterie a flusso).

L'entità delle risorse finanziarie e professionali da investire nella digitalizzazione sarà tale da favorire operazioni di Mergers and Acquisitions, che già oggi sono una delle concause dei processi di aggregazione tra aziende dei servizi pubblici locali.

Accelerare la decarbonizzazione delle materie prime

Per accelerare la decarbonizzazione, accanto all'uso efficiente dell'energia, va però perseguito quello di tutte le materie prime. Per realizzare questo

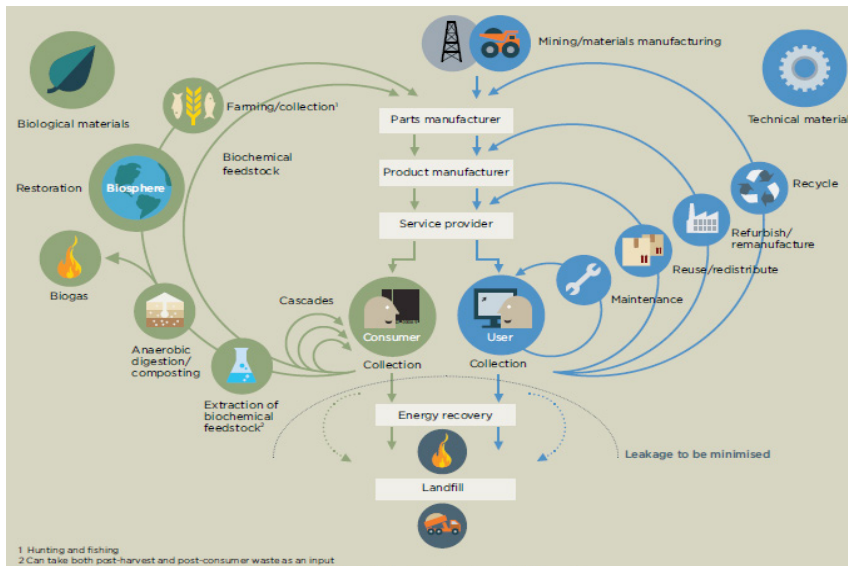


Fig. 1 Schema dell'energia circolare

obiettivo occorre abbandonare il modello dell'economia lineare, riprogettando i processi produttivi in modo che materiali, componenti e prodotti finali siano riutilizzabili in un ciclo chiuso. Questo requisito fondamentale dell'economia circolare rappresenta quindi una gigantesca opportunità per aumentare gli utili anche in settori considerati tecnologicamente maturi e favorire il *reshoring* di attività attualmente delocalizzate. Per massimizzare l'efficacia di un'economia circolare, al suo interno andrà gradualmente ridotto l'apporto delle materie prime minerali che alimentano il sistema (parte destra di Fig. 1) sostituendole, ovunque sia possibile, con biomateriali riciclabili. La biomassa è però risorsa oggettiva-

mente limitata, i cui utilizzi alternativi non devono pertanto interferire con l'esigenza primaria della nutrizione. Per soddisfarne la crescente domanda come materia prima o come "semilavorato" (ad es. biometano) nelle industrie biochimiche, sarà necessario diminuirne l'impiego nella produzione di energia. Che questo sia l'utilizzo ottimale della biomassa, lo conferma un dato di fatto: è l'unica fra le fonti rinnovabili con complessa struttura molecolare, cioè con un elevato contenuto d'informazione¹. Oggi è sostanzialmente trasformata in calore, utilizzato tal quale o convertito in energia elettrica, e fornisce un contributo importante alla sostituzione dei combustibili fossili, e continuerà a darlo nel prossimo futu-

ro. Si tratta però di processi in cui, per il secondo principio della termodinamica, alla fine l'energia degrada a calore a bassa temperatura, il cui contenuto d'informazione, rispetto all'iniziale molecola di biomassa, è praticamente nullo.

In una prospettiva di lungo periodo, anche sotto il profilo economico diventerà quindi più conveniente privilegiare, per quanto possibile, le trasformazioni della biomassa in grado di conservare o addirittura incrementare la sua complessità molecolare (quindi il suo contenuto d'informazione); obiettivo realizzabile nelle biofabbriche, che ottimizzano lo sfruttamento dei principali componenti della massa legnosa (cellulosa, emicellulosa, lignina) mediante la produzione congiunta di biopolimeri, biofarmaci, biocoloranti, biocarburanti, biolubrificanti ecc., che, essendo per la maggior parte riciclabili, non dissipano il proprio contenuto d'informazione.

Perché è importante l'elaborazione di scenari al 2050, come richiede la Commissione Europea? Innanzi tutto, obbliga a ricercare il consenso non su astratte affermazioni di principio, ma su linee di sviluppo, che devono essere ad un tempo realistiche e coerenti con l'obiettivo di decarbonizzazione al 2050. Ma, risultato non meno importante, mettono in evidenza i potenziali rischi di *lock-in*, se si effettuano investimenti che nel lungo periodo possono entrare in conflitto con gli obiettivi di decarbonizzazione.

¹ Il concetto di 'informazione' è fortemente radicato nel linguaggio della biologia molecolare: come valore euristico e metaforico (equivalente di complessità) riveste un ruolo fondamentale all'interno del quadro esplicativo di questa disciplina

Il Cluster Tecnologico Nazionale Energia

Nel 2016 ENEA ha promosso la nascita del Cluster Tecnologico Nazionale Energia per dare vita ad un'unica realtà aggregativa, rappresentativa del settore, in grado di ricercare, sviluppare e maturare la prossima generazione di tecnologie energetiche, dispositivi, prodotti e servizi innovativi, coinvolgendo il maggior numero possibile di stakeholder a livello nazionale. L'obiettivo è di sostenere e favorire il processo di transizione energetica verso un sistema decarbonizzato, eco-sostenibile, economicamente competitivo e accessibile, in una prospettiva europea ed internazionale.

DOI 10.12910/EAI2020-031



Gian Piero Celata,
*Presidente del
Consiglio Direttivo
del CTN Energia*



Giorgio Graditi,
*Coordinatore del
Comitato Tecnico-
Scientifico del CTN
Energia*

Il Cluster Tecnologico Nazionale (CTN) Energia¹ è nato nel 2016 [4] con l'obiettivo di dar vita ad un'unica realtà aggregativa (community), rappresentativa del settore di riferimento in una prospettiva europea ed internazionale, nonché come punto di incontro con gli organismi istituzionali, le imprese e le amministrazioni regionali e nazionali. È un'associazione senza scopo di lucro, aperta alla partecipazione di tutti gli stakeholder nazionali operanti nel settore energia e, ad oggi, conta 75 soci suddivisi nelle seguenti categorie previste dallo statuto: rappresentanze imprenditoriali; enti pubblici di ricerca e università; rappresentanze territoriali. Il CTN Energia, il cui *dominio tecnologico* è quello dei processi energetici, intende promuovere azioni a sostegno della ricerca, sviluppo e trasferimento tecnologico nell'area energia per creare una visione più unitaria e coniugare la domanda di innovazione del settore industriale con l'offerta di innovazione

proveniente dalle strutture di ricerca di alta qualificazione del Paese. La finalità è di supportare il raggiungimento dei target previsti, in termini di pianificazione della ricerca, ed in linea con le principali agende strategiche internazionali e nazionali: Mission Innovation, SET-Plan, Horizon Europe, Energy Union Strategy, PNIEC, PNR, Smart Specialization Strategy-S3, Industria 4.0.

Di fatto, si vuole valorizzare le eccellenze del Made in Italy, attrarre investimenti e talenti, favorire un'azione coordinata ed inclusiva anche dei soggetti industriali con notevoli potenzialità, ma con difficoltà di "competizione" a livello europeo ed internazionale (quali ad esempio le PMI). Tutto ciò, svolgendo un importante ruolo di stimolo e supporto per lo sviluppo di progetti coordinati dal nostro Paese, curando, in particolare, la connessione ed integrazione tra ricerca, innovazione e sviluppo industriale in ambito energetico per incrementare il tasso di successo e favorire

una maggiore concentrazione sulle linee di ricerca di interesse strategico per l'industria nazionale, nonché il trasferimento tecnologico dei risultati e prodotti della ricerca stessa.

Il CTN Energia si pone quindi l'obiettivo, in una logica di inclusività di tutti gli stakeholder coinvolti a vario titolo e livello nel settore energia, di ricercare, sviluppare e maturare la prossima generazione di tecnologie energetiche, dispositivi, prodotti e servizi innovativi per l'energia, per sostenere e favorire il processo di transizione energetica verso un sistema energetico decarbonizzato, eco-sostenibile ed economicamente competitivo ed accessibile.

Macroaree tecnologiche

Le macroaree tecnologiche di interesse del CTN Energia, in linea con le priorità della ricerca definite a livello nazionale ed europeo, sono così riassumibili:

- fonti rinnovabili di energia;

- efficienza energetica e negli usi finali;
- smart grid, nell'accezione più ampia riguardante tutte le reti per l'energia e le loro possibili integrazioni;
- comunità energetiche in ambito industriale, residenziale e PED (Positive Energy District);
- utilizzo sostenibile dei combustibili fossili e sviluppo di quelli prodotti da fonte rinnovabile (in particolare bio-combustibili);
- tecnologie e sistemi per la produzione e l'utilizzo dell'idrogeno e per il Power to X;
- tecnologie per la produzione e l'utilizzo dei gas da rinnovabili e decarbonizzati grazie all'implementazione di tecnologie CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage);
- accumulo dell'energia (elettrica, termica, chimica) e relative applicazioni;
- mobilità sostenibile, intesa come contributo allo sviluppo di innovativi *power train* e sistemi avanzati di alimentazione e di ricarica.

Il CTN Energia partecipa attivamente alla *definizione delle priorità di intervento del nuovo Programma Nazionale per la Ricerca (PNR 2021-2027)* e del *Programma Nazionale delle Infrastrutture di Ricerca (PNIR)*, nell'ambito dell'area energia, indirizzandole verso il potenziamento della competitività del sistema scientifico e produttivo, l'integrazione degli interventi e delle fonti di finanziamento e l'identificazione di un quadro coerente e privo di duplicazioni, attraverso il quale sostenere crescita economica, sviluppo competitivo, innovazione, occupazione e benessere del nostro Paese. Inoltre, gli interventi integrati di ricerca e sviluppo sperimentale, infrastrutturazione, formazione di capitale umano di alto livello qualitativo e di trasferimento tecnologico mirano a contribuire alla nascita di imprenditorialità innovativa e di nuove realtà produttive, con ricadute positive in termini occupazionali. Il CTN Energia opera per perseguire le linee di azione indicate ed i relativi obiettivi, al fine di

ottenere i seguenti principali *risultati*:

- attivare una rete strutturata di rapporti e collaborazioni tecnico-scientifiche tra gli operatori della ricerca e dell'alta formazione con il sistema delle imprese, favorendone lo sviluppo internazionale e contribuendo alla competitività e alla crescita economica nazionale;
- rafforzare la capacità progettuale, operativa e prototipale della ricerca applicata ed industriale del Paese;
- consolidare le infrastrutture della ricerca e del trasferimento tecnologico in relazione alle necessità e alle aspettative delle realtà produttive nazionali di settore, nonché alle strategie europee e nazionali per la competitività, l'innovazione e lo sviluppo sostenibile;
- agevolare il trasferimento di conoscenza e tecnologico, in particolare alle PMI (base del tessuto industriale nazionale);
- promuovere e sostenere la nascita di nuove imprese ad alta tecnologia;
- favorire la crescita formativa delle competenze esistenti e la creazione di nuove figure professionali;
- rafforzare il ruolo dell'Italia in termini di contributo ed indirizzo alla definizione delle agende strategiche europee per la ricerca nel settore energia, anche tenendo conto del ruolo centrale che sarà svolto dal Paese nello sviluppo dell'area euro-mediterranea.

Progetti pilota e Piano di azione

Due sono i *progetti pilota* di ricerca industriale già avviati a supporto delle attività del CTN Energia.

- **Living Grid**, con l'obiettivo di realizzare un dimostratore/pilota di dimensioni contenute per l'implementazione su scala più ampia di **soluzioni di integrazione nelle reti di trasmissione e distribuzione di energia elettrica prodotta, prevalentemente (ma non necessariamente) da fonte rinnovabile non programmabile distribuita**, anche al fine di agevolare il pieno sfruttamento dei benefici derivanti da una sempre maggiore flessibilità delle

risorse di rete, soprattutto dei carichi (connessi alla rete ad alta e media tensione).

- **NeMESi** (Nuovo Mix Energetico Sostenibile), finalizzato allo sviluppo di **soluzioni avanzate nel settore del solare a concentrazione e dell'ibridizzazione ed integrazione con altre fonti energetiche anche al fine di incrementare la flessibilità delle reti elettriche**. In particolare, si intendono valutare i benefici derivanti dall'integrazione di impianti solari a concentrazione, dotati di sistemi innovativi per l'accumulo termico, con impianti per la produzione di vapore ad uso industriale e per la generazione di energia elettrica, individuando e definendo nel contempo le configurazioni più convenienti ed i relativi parametri di ottimizzazione e valutando i benefici derivanti in specifici "use cases" per la loro replicabilità in applicazioni industriali su vasta scala.

Il Piano di Azione triennale, nel quale il **Cluster Tecnologico Nazionale Energia** presenta la sua prima *roadmap tecnologica e di sviluppo innovativo e le traiettorie tecnologiche individuate per l'area energia*, è stato redatto e presentato al Ministero dell'Università e della Ricerca nel luglio 2019 per la valutazione ed è consultabile al sito cluster-energia.it

Il Piano di Azione è articolato in tre sezioni

- **Definizione e aggiornamento di roadmap tecnologiche e di sviluppo** - Analisi del contesto territoriale; agende strategiche a livello internazionale e nazionale; posizionamento competitivo dell'Italia rispetto ad altri Paesi; raccomandazioni per lo sviluppo dell'Area di specializzazione
- **Attività di supporto alla realizzazione delle roadmap tecnologiche e di sviluppo e di creazione di una comunità della ricerca industriale** - Supporto strategico ai policy maker;

internazionalizzazione; animazione e networking; comunicazione e promozione; sostegno ai processi di valorizzazione della ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico; supporto alla qualificazione del capitale umano; sviluppo di sistemi di gestione della conoscenza; governance e aspetti organizzativi

- **Sezione Mezzogiorno** - Scenario di riferimento dell'Area di specializzazione per il Mezzogiorno; internazionalizzazione e attrazione degli investimenti; cooperazione e collaborazioni; sostegno ai processi di valorizzazione della ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico e capitale umano.

Gli ambiti tecnologici prioritari del CTN Energia identificati nel Piano - e articolati in obiettivi, attività, grado di maturità tecnologica - sono:

- *reti e microreti smart (tecnologie, sistemi e metodologie di gestione e controllo);*
- *accumulo energetico (tecnologie e*

sistemi di gestione e controllo);

- *dispositivi innovativi, tecnologie e metodologie di misurazione per applicazioni smart grid;*
- *efficienza energetica e fonti di energia rinnovabili;*
- *smart energy.*

La selezione delle relative roadmap e delle relative traiettorie tecnologiche è basata, innanzitutto, su un'articolata e approfondita serie di analisi preliminari che hanno riguardato: il contesto settoriale territoriale e il relativo indotto, i principali stakeholder del sistema della ricerca e dell'innovazione, il livello di maturità tecnologica delle diverse tecnologie, le infrastrutture di ricerca, le agende strategiche di ricerca a livello internazionale e nazionale, ed il posizionamento competitivo dell'Italia.

Il Piano di Azione è derivato da un **ampio e strutturato processo partecipativo** che ha visto il coinvolgimento diretto di tutti gli associati, privati e pubblici, e degli organi sociali - a partire dal Comitato Tecnico Scientifico - ed ha permesso non solo la rilevazio-

ne di ulteriori informazioni e dati, ma soprattutto la creazione di una visione condivisa sul futuro a medio e lungo termine delle tecnologie energetiche in sintonia con gli ambiziosi obiettivi fissati dal Consiglio Europeo del 20 giugno 2019 per assicurare una transizione verso un'Unione Europea a impatto climatico zero entro il 2050, in linea con l'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici.

Il CTN Energia, unitamente agli altri 11 Cluster Tecnologici Nazionali, sta collaborando con l'Agenzia per la Coesione Territoriale per fornire supporto ai processi di elaborazione e attuazione delle Strategie di Specializzazione Intelligente (S3) alla luce del quadro della programmazione 2021-2027 relativamente alla politica di sostegno alla ricerca e all'innovazione. Le attività previste nei Piani Triennali d'Azione possono essere direttamente funzionali allo sviluppo delle collaborazioni con le regioni, specie per le regioni del Mezzogiorno.

BIBLIOGRAFIA

1. COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE strategia dell'UE sulla biodiversità fino al 2020 {SEC(2011) 541 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011SC0541&from=HU>
2. COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE Verso cluster competitivi di livello mondiale nell'Unione europea: {SEK(2008) 2637} <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2008/IT/1-2008-652-IT-F1-1.Pdf>
3. Decreto Direttoriale prot. n. 257/Ric del 30 maggio 2012 finalizzato alla nascita e allo sviluppo di Cluster Tecnologici Nazionali <http://attiministeriali.miur.it/anno-2012/maggio/dd-30052012.aspx>
4. Avviso per lo sviluppo e potenziamento di nuovi 4 cluster tecnologici nazionali [http://attiministeriali.miur.it/anno-2016/agosto/dd-03082016-\(3\).aspx](http://attiministeriali.miur.it/anno-2016/agosto/dd-03082016-(3).aspx) e sua rettifica
5. Linee Guida MIUR per la redazione dei piani triennali dei CTN <https://www.miur.gov.it/web/guest/-/linee-guida-per-la-redazione-del-piano-di-azione-triennale-dei-cluster-tecnologici-nazionali>

¹ I Cluster Tecnologici Nazionali promossi dal Ministero Istruzione Università e Ricerca nel 2012 sono strumenti permanenti di coordinamento, consultazione e riferimento nell'elaborazione di proposte e strategie da adottare per accelerare i processi di innovazione e aumentare la competitività industriale del sistema Paese in settori chiave per l'economia e la società, quali energia, ambiente, alimentazione, aerospazio e tecnologie innovative

Il contributo delle tecnologie energetiche alla decarbonizzazione

La transizione energetica è un processo sfidante, impegnativo e costoso che investe i settori industriale, finanziario, economico, sociale e richiede investimenti in infrastrutture, dispositivi e sistemi innovativi. Uno studio ENEA offre un contributo in questa direzione, esaminando le diverse tecnologie energetiche, il grado di maturità e le prospettive legate alla loro applicazione, evidenziando inoltre la necessità di una ‘pianificazione energetica’ e di definire *policy* in relazione alle possibili opzioni e alle azioni da mettere in campo.

DOI 10.12910/EAI2020-032

di **Elena De Luca**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA

Nell’ambito del processo di transizione verso un’economia e una società *low carbon*, il settore energetico è chiamato a contribuire attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie altamente performanti e a basso impatto ambientale. Le tecnologie energetiche allo stato attuale mostrano un grado di maturità (Technology Readiness Level, TRL) che le rende diversamente disponibili sul mercato. La sostenibilità del sistema energetico deve essere affrontata attraverso un approccio multidisciplinare basato sull’interazione di diverse competenze [1]. In questo contesto la “pianificazione energetica” rappresenta una settore di ricerca che punta all’individuazione di percorsi corretti per traghettare i Paesi verso il soddisfacimento della domanda energetica considerando, accanto ad aspetti più tecnici, fattori economici, ambientali e sociali. Gli orizzonti temporali di tale pianificazione sono determinati dall’adozione di tecnologie mature, per il breve periodo, e di altre in corso di sviluppo anche attraverso la realizzazione di nuove infrastrutture, per

il medio-lungo periodo [2]. **Il ruolo delle tecnologie energetiche, infatti, è fondamentale nel mitigare gli impatti sul clima, sugli ecosistemi e sulla salute; la loro diffusione e il loro sviluppo possono determinare impatti positivi e ricadute importanti anche nel contesto economico e sociale. Il raggiungimento dei target energetici e ambientali, in termini di incremento del contributo da fonti energetiche rinnovabili sui consumi finali di energia e di riduzione di gas a effetto serra, non può essere, quindi, il solo fine nella definizione delle politiche nazionali.**

Dipendenza tecnologica e dipendenza energetica

L’Italia sta compiendo un grande sforzo nella pianificazione energetica che ha condotto a risultati apprezzabili in termini di efficacia dell’attuazione delle politiche che emerge anche dal confronto con altri Paesi [3]. Tuttavia, è noto che, pur avendo anticipato i tempi per il raggiungimento degli obiettivi della quota energetica prodotta da fonti

rinnovabili sui consumi finali prevista a livello comunitario, grazie anche al sistema degli incentivi, nel nostro Paese è stata favorita la penetrazione nel mercato di alcune tecnologie senza ottenere un corrispondente rafforzamento della competitività della filiera produttiva nazionale. Un esempio evidente: il fotovoltaico. L’importazione di componenti e sistemi prodotti all’estero ha innescato una “dipendenza tecnologica” pur avendo fatto fronte alla “dipendenza energetica”. **Gli sforzi fatti finora si sono quindi soltanto in parte tradotti in un reale beneficio per il sistema economico, e la transizione verso un’economia low carbon rappresenta ancora una sfida che siamo comunque obbligati ad affrontare:** la transizione energetica è un processo sfidante, impegnativo e costoso che investe diversi settori – industriale, finanziario, economico e sociale – e che richiede da un lato investimenti in infrastrutture e sistemi per l’energia e dall’altro lo sviluppo di tecnologie e dispositivi innovativi in grado di coniugare la sostenibilità ambientale con quella economica.

Tab. 1 Caratteristiche dimensionali delle aziende censite per gruppi di tecnologie energetiche

Settore tecnologico	Aziende con più di 250 addetti	Aziende con fatturato superiore a 50 milioni di euro	Numero di aziende	Numero di addetti totali	Quota di donne dipendenti
Tecnologie delle energie rinnovabili	18,7%	24,5%	139	36.817	18,9%
Sistemi di accumulo energetico	26,7%	33,3%	15	4.771	23,5%
Sistemi cogenerativi	33,3%	37,5%	24	15.541	17,5%
Generazione con fonti tradizionali	57,1%	57,1%	7	18.645	26,2%
Tecnologie per l'efficienza energetica	55,9%	70,6%	34	21.334	22,2%

Nel contesto italiano, l'ampliamento del potenziale produttivo delle imprese, con il conseguente incremento occupazionale, rappresenterebbe un ulteriore rilevante elemento per valutare la sostenibilità di scelte tecnologiche, strategiche soprattutto per il suo impatto nel medio-lungo periodo.

Oltre all'esigenza di individuare i comparti tecnologici più promettenti e il relativo quadro di riferimento finanziario e gestionale, utile ai fini di una maggiore espansione e della conseguente penetrazione del mercato, è necessario contribuire a definire un percorso di *policy* legato alle scelte tecnologiche e alle azioni da mettere in campo per favorirne l'integrazione nei territori e la domanda generale dei cosiddetti prosumers (produttori-consumatori). Il rapporto recentemente pubblicato da ENEA *Valutazione dello stato e del potenziale di sviluppo delle tecnologie energetiche nel percorso di decarbonizzazione dei sistemi produttivi e dei servizi* rappresenta un caso studio del settore energetico che vuole contribuire alla pianificazione energetica del nostro Paese (Figura 1). Si tratta, infatti, di uno strumento utile ai decisori politici, ma anche a diversi stakeholder, che fornisce un'interpretazione di dati provenienti dal settore industriale e della ricerca [4]. Lo studio pro-

pone una metodologia di valutazione delle tecnologie basata su parametri relativi alla sostenibilità ambientale e al potenziale di ricerca e innovazione coniugato con lo sviluppo industriale dei territori. Tra questi parametri, il TRL, le emissioni di CO₂ e i dati relativi agli sviluppatori e le eccellenze

presenti in Italia sono stati analizzati e integrati con informazioni sulla struttura del sistema produttivo nazionale, caratterizzando le imprese per diffusione territoriale, classe dimensionale e di fatturato.

Le imprese e i centri di eccellenza italiani sono coinvolti nello sviluppo di tecnologie con diverso grado di maturità tecnologica e con diverse potenzialità di limitare le emissioni climalteranti. Sono state censite circa 200 imprese (Tabella 1), evidenziando come la dimensione media in termini di addetti delle aziende censite sia superiore alla media del settore manifatturiero nel suo complesso, per il quale le imprese di dimensione micro-piccola (con meno di 50 addetti) rappresentano il 97% sul totale contro lo 0,3% delle grandi imprese. La quota di donne impiegate nei diversi settori è ancora piuttosto bassa, attestandosi mediamente al 21,6% degli occupati.

Il settore privato, a causa del maggiore rischio, è maggiormente impegnato nella diffusione di tecnologie mature, mentre quello della ricerca pubblica, per sua natura, è coinvolto nello sviluppo di tecnologie che ancora presentano un TRL più basso (Tabella 2), ma che hanno grandi potenzialità di abbattimento delle emissioni di CO₂.



Fig. 1 Il rapporto recentemente pubblicato da ENEA sulla valutazione delle tecnologie energetiche - <https://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/edizioni-enea/2019/valutazione-dello-stato-e-potenziale-sviluppo-tecnologie-energetiche>



Tecnologie, innovazione, ricerca e TRL

Come per altri settori produttivi, il territorio italiano è caratterizzato dalla maggiore concentrazione di aziende nel Nord, mentre per le eccellenze si osserva una distribuzione più uniforme. Sono, dunque, emerse indicazioni utili ad indirizzare le politiche di supporto ai diversi segmenti del sistema: la filiera produttiva, la ricerca per l'innovazione, il trasferimento

tecnologico e il lato della domanda. La novità dello studio sta anche nella presentazione dei dati. Infatti, grazie alle elaborazioni effettuate, si è potuto restituire delle immagini che consentono di valutare il posizionamento di una singola tecnologia rispetto alle altre, a seconda del tema considerato. Molto peso è stato dato al TRL come indicatore del potenziale di sviluppo. Per ciascuna tecnologia è stato considerato il range dei valori riportati da

un panel di esperti per le singole componenti e per l'intero sistema [5]. Un esempio è il "diagramma a bolle" che mostra come si posizionano le tecnologie rispetto alle variabili del TRL – valore medio e range, ampiezza delle "bolle" – ed impatto sulla riduzione di CO₂. Il grafico evidenzia la potenzialità di alcune tecnologie nel ridurre notevolmente gli impatti sul clima e come per alcune sia particolarmente importante concentrare gli sforzi sulla ricerca per un ulteriore sviluppo, al fine di renderle disponibili sul mercato (Figura 2). Il quadrante 1 contiene le tecnologie con un elevato TRL medio e un alto potenziale di riduzione di CO₂. Lo stretto intervallo di TRL fornisce inoltre un'indicazione del grado di maturità già raggiunto da queste tecnologie. Per favorirne la penetrazione sul mercato occorrerebbero politiche industriali per il rafforzamento della filiera nazionale.

Nello specifico, le tecnologie basate sull'energia dal sole si posizionano prevalentemente nel quadrante 2 mostrando elevato potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ e un livello di sviluppo tecnologico medio ancora basso e, quindi, con

Tab. 2 Profilo di specializzazione dei centri d'eccellenza secondo il gruppo di tecnologie

Settore tecnologico	Pubblico	Privato
Tecnologie delle energie rinnovabili	73%	27%
Sistemi cogenerativi	62%	38%
Sistemi di accumulo energetico	61%	39%
Tecnologie per l'efficienza energetica	50%	50%
Generazione con fonti tradizionali	31%	69%

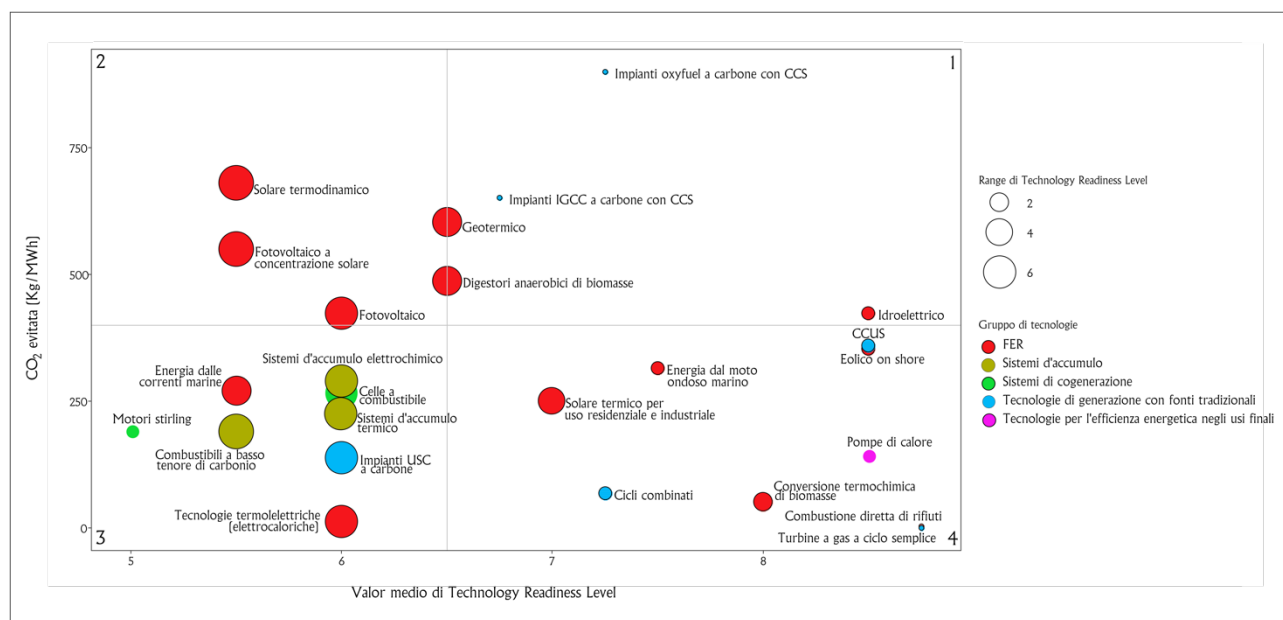


Fig. 2 Diagramma a bolle delle tecnologie energetiche in relazione alle emissioni di CO₂ evitate (asse verticale) e valore medio del TRL (asse orizzontale). Sono individuati quattro quadranti che ordinano le tecnologie in quattro categorie dipendenti dal grado di maturità e dal contenimento degli effetti climalteranti. La larghezza dei punti indicatori corrisponde all'intervallo di TRL

marginì di sviluppo ancora elevati (ampio intervallo dei valori di TRL). In particolare, quella del “Solare termodinamico”, al momento, sembra la tecnologia con più alto potenziale in termini di emissioni di CO₂ evitate, pur necessitando ancora di un ulteriore sviluppo tecnologico. Il “Geotermico” e i “Digestori anaerobici di biomasse”, con un valore medio di TRL pari a 5, si avvicinano al quadrante 1 e, pur presentando margini di ulteriore sviluppo tecnologico, sono tecnologie mature ampiamente presenti sul mercato.

Nel quadrante 3 ricadono le tecnologie che allo stato attuale si caratterizzano per un minor potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ e un livello medio del TRL ancora basso. Si tratta dei sistemi di accumulo energetico e gli “Impianti a carbone USC” tra le tecnologie di generazione con fonti tradizionali e dei sistemi cogenerativi (celle a combustibile e motori Stirling). Tra le fonti rinnovabili spicca, in particolare, l’“Energia dalle correnti marine”. Per tutte le tecnologie di questo quadrante bisogna rilevare che un ul-

teriore aumento del grado di maturità tecnologica potrebbe avere effetti significativi in termini di efficienza e, di conseguenza, agire positivamente sulla capacità di mitigazione delle emissioni climalteranti. Infine, le tecnologie appartenenti al quadrante 4 si caratterizzano prevalentemente per un livello medio del TRL elevato e, a parte il caso del “Solare termico”, per un range di valori di TRL molto ristretto. I relativi mercati sono tendenzialmente maturi, con una struttura competitiva sostanzialmente definita. In funzione della loro capacità di riduzione delle emissioni, possono essere suddivise in due sottogruppi: relativamente medio-alta per il “Solare termico”, l’“Eolico on shore”, la “Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)” e l’“Energia dal moto ondoso marino”; limitata per le restanti. Per la diffusione di queste tecnologie sarebbe utile definire una strategia a sostegno della domanda.

Questa lettura di insieme del contributo delle tecnologie alla transizione energetica può risultare utile ai decisori politici, ma anche a un pubblico più vasto per comprendere

le diverse opzioni in campo. La metodologia proposta è stata apprezzata anche in ambito internazionale e una versione in lingua inglese del lavoro è stata accettata dalla rivista peer review *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* [6]. I risultati presentati non intendono fornire una descrizione esaustiva, ma propongono considerazioni utili al superamento di alcune carenze informative al fine di formulare politiche in grado di cogliere le possibilità di crescita offerte dalla transizione energetica. Un aspetto da approfondire è certamente il livello di specializzazione del nostro sistema industriale rispetto al contesto internazionale, determinante nella possibilità sia di giocare un ruolo rilevante nei diversi mercati sia di contribuire ad accrescere la competitività delle nostre filiere produttive. Inoltre, sarà necessario aggiornare i dati e ampliare la valutazione anche ad altre tecnologie che negli ultimi anni si stanno sviluppando e mostrano di essere molto promettenti in termini di efficienza e sostenibilità ambientale.

La Commissione Europea mostra una

rilevante disponibilità programmatoria verso questi temi fornendo diversi strumenti finanziari per proposte progettuali sui temi della transizione energetica, degli impatti delle nuove tecnologie energetiche sulla sostenibilità del sistema produttivo, dell'organizzazione delle nuove figure professionali in un processo di crescita e sviluppo dei territori.

Mentre il SET Plan ha consentito di riportare l'innovazione tecnologica al centro del percorso di decarbonizzazione, nell'ambito di Programmi Quadro di finanziamento di progetti di ricerca – come Horizon 2020 ed il nuovo Horizon Europe – sono molti i bandi che coprono aspetti legati alla

pianificazione energetica considerando gli aspetti sociotecnici oltre a quelli ambientali.

Inoltre, con uno sguardo maggiormente puntato su pianificazione e coinvolgimento delle imprese, il *Just Transition Mechanism* prevede una importante quota di finanziamento per specifici investimenti che abbiano ricadute occupazionali attraverso la realizzazione di specifici piani territoriali che accompagnino il processo di transizione energetica. Un ulteriore impulso al trasferimento tecnologico, allo sviluppo e alla diffusione delle tecnologie energetiche sarà possibile anche grazie ai meccanismi a supporto delle imprese che sono in via di defini-

zione a livello nazionale.

Il successo di tutte le iniziative che si intenderanno prendere per proseguire nel percorso della decarbonizzazione sarà determinato anche dalla capacità di creare sinergie per coprire aspetti tecnici, socio-economici, ambientali, di elaborazione di dati e della comunicazione, senza escludere la formazione dei nuovi addetti. Si rende pertanto necessaria una rilevante capacità di dialogo tra gli stakeholder appartenenti ai diversi settori coinvolti: i decisori politici, le imprese, le organizzazioni non governative, le istituzioni di ricerca e i cittadini.

BIBLIOGRAFIA

1. Ferreira, P., Soares, I., Johannsen, R.M., Østergaard, P.A., Policies for new energy challenges, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* (26) (2020) 01-04, <https://doi.org/10.5278/ijsep.m.3552>
2. Prasad, R.D., Bansal, R.C., Raturi, A., Multi-faceted energy planning: A review, *Renewable and sustainable energy reviews* (38) (2014) 686-689, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.021>
3. Martinez Fernandez, P., deLlano-Paz, F., Calvo-Silvosa, A., Soares I., An evaluation of the energy and environmental policy efficiency of the EU member states in 25-year period from a Modern Portfolio theory perspective, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management* (26) (2020) 19-32, <https://doi.org/10.5278/ijsep.m.3482>
4. De Luca, E., Zini, A., Amerighi O., Coletta, G., Oteri, M.G., Giuffrida, L.G., Valutazione dello stato e del potenziale di sviluppo delle tecnologie energetiche nel percorso di decarbonizzazione dei sistemi produttivi e dei servizi (2019), ENEA ISBN 978-88-8286-388-3, <https://tinyurl.com/y3tfsop>
5. Sanson, A., Giuffrida, L.G., Decarbonizzazione dell'economia italiana. Il Catalogo delle tecnologie energetiche (2017). ENEA ISBN 978-88-8286-349-4, <https://tinyurl.com/y37ek3u3>
6. De Luca, E., Zini, A., Amerighi, O., Coletta, G., Oteri, M.G., Giuffrida, L.G., Graditi, G., A technology evaluation method for assessing the potential contribution of energy technologies to decarbonisation of the Italian production system, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, <http://dx.doi.org/10.5278/ijsep.m.4433>

L'efficienza energetica: una leva trasversale per la transizione energetica

L'efficienza energetica rappresenta una delle più importanti leve del processo di transizione energetica, insieme alla promozione delle fonti rinnovabili. Il suo carattere trasversale può senz'altro accelerare lo sviluppo economico e industriale del nostro Paese e consente benefici multipli in termini di efficientamento degli edifici, lotta alla povertà energetica e miglioramento della competitività del settore industriale.

DOI 10.12910/EAI2020-033



di **Ilaria Bertini**, *Direttore del Dipartimento Efficienza Energetica, ENEA*

I sistemi di produzione e consumo che caratterizzano le nostre società si troveranno, nei prossimi anni, ad essere profondamente modificati da un processo di transizione energetica, nello sforzo comune di garantire uno sviluppo sostenibile. **La transizione energetica è un percorso in parte già avviato: sicuramente non può essere imposta in modo top down, ma deve avvenire sfruttando diverse leve dal basso, anche di natura trasversale. L'efficienza energetica rappresenta una tra le più importanti di esse. Infatti, può senz'altro accelerare lo sviluppo economico e industriale del nostro Paese** poiché, oggi, esistono tecnologie ormai mature che consentono di attuare politiche mirate in diversi ambiti rilevanti. A supporto delle politiche, l'attività progettuale tecnico-scientifica, ad esempio nel caso del Dipartimento Efficienza Energetica dell'ENEA, è sintonica con le priorità del SET-Plan, adottato dalla Comunità Europea. In particolare, tale attività è

focalizzata sullo sviluppo di nuovi materiali e tecnologie per applicazioni dirette a migliorare l'efficienza energetica negli edifici e sul rafforzamento degli sforzi per rendere l'industria sempre meno *energy-intensive* e più competitiva.

Rinnovamento del parco edilizio nazionale e tecnologie 'intelligenti'

Il settore degli edifici è responsabile nell'Unione Europea del 40% del consumo finale di energia e dovrà sensibilmente incrementare il suo tasso di ristrutturazione e riqualificazione energetica, che attualmente varia tra lo 0,4 e l'1,2% nei vari Stati Membri. **Come delineato nella bozza di Strategia per la Riqualificazione del Patrimonio Immobiliare Nazionale (STREPIN), il settore civile è responsabile di circa il 45% dei consumi finali di energia e del 17,5% delle emissioni dirette di CO₂ del nostro Paese.** Oltre il 65% degli edifici a uso

residenziale ha più di 45 anni, ovvero è precedente alla Legge n. 373 del 1976, la prima sul risparmio energetico. Il settore civile, nel suo complesso, ha già superato l'obiettivo di 4,9 Mtep/anno di energia finale al 2020: questo, però, grazie ad un rilevante contributo del settore residenziale che, al 2018, ha registrato un risparmio di 5,04 Mtep/anno, a fronte di un obiettivo di 3,67 Mtep/anno al 2020. Il contributo del settore terziario, invece, è stato di 0,31 Mtep/anno, con un divario di 1,23 Mtep/anno rispetto al proprio obiettivo.

Nella STREPIN sono individuati i tassi annui di riqualificazione per diverse tipologie di edifici, associati a interventi di riqualificazione globale che combinano diverse tecnologie per l'efficienza energetica: un tasso di riqualificazione annuo dello 0,8% per il settore residenziale e del 4% per il settore terziario risulterebbero compatibili con gli obiettivi al 2030 fissati nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC). Coerentemente con



il Piano, anche la bozza di STREPIN affronta il tema energetico e quello della decarbonizzazione in modo congiunto, in linea con la proposta della Commissione Europea per una “**legge per il clima**” pubblicata nel marzo 2020. Questa legge dovrebbe creare un quadro di riferimento sicuro per istituzioni e investitori, in un contesto dove al 2030 sarà necessario uno sforzo aggiuntivo rispetto alla legislazione vigente in materia di clima ed energia. Le tecnologie per l'efficienza energetica possono giocare un ruolo fondamentale nell'accompagnare queste riforme, rendendo gli impatti meno onerosi per i diversi attori del sistema economico e al contempo promuovendo la crescita di alcuni settori industriali. **L'impostazione adottata nella STREPIN appare coerente anche con il Green Deal europeo, che tra le sue varie componenti include anche la Renovation Wave, in grado di generare benefici energetici ed economici derivanti dalla transizione e dall'efficienza energetica del settore dell'edilizia.**

È importante, infine, sottolineare che la Direttiva sulla prestazione energetica dell'edilizia (2018/844) fa riferimento all'utilizzo delle cosiddette “tec-

nologie intelligenti pronte per l'uso” (Smart Ready Technologies, SRT) e prevede l'adozione di un sistema comune facoltativo per valutare la “predisposizione all'intelligenza” (smart readiness) degli edifici, ovvero la capacità di adattare il proprio funzionamento alle esigenze sia dell'occupante sia della rete al fine di migliorarne l'efficienza energetica e le prestazioni complessive. Il gruppo di esperti, al quale ha partecipato l'ENEA, dovrebbe a breve definire il quadro metodologico per il calcolo dell'indice (Smart Readiness Indicator, SRI), l'elenco dei servizi ‘intelligenti’ e una valutazione preliminare dell'impatto potenziale del nuovo indicatore sul settore edilizio europeo.

Mobilizzare l'industria

La mobilitazione dell'industria è fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo di un'economia a impatto zero sul clima. In particolare, le industrie dei settori ad alta intensità energetica, come acciaio, cemento e chimica, dovranno avviare un importante percorso di decarbonizzazione e modernizzazione in quanto il loro ruolo nelle diverse catene del

valore è fondamentale per l'Europa.

Nel nostro Paese, il monitoraggio indica che il settore industriale al 2018 ha raggiunto poco più della metà del proprio obiettivo al 2020, pari a 5,1 Mtep/anno di energia finale, con un risparmio di 2,75 Mtep/anno. Il PNIEC assegna a questo settore un obiettivo di risparmio pari a 1 Mtep/anno al 2030, ma è interessante notare che l'analisi delle 11.172 diagnosi pervenute a ENEA a dicembre 2019 in ottemperanza all'art.8 del decreto legislativo 102/2014 mostra un risparmio da interventi effettuati pari a 750 ktep/anno e un risparmio potenziale da interventi individuati pari a 3,7 Mtep/anno.

Il processo di assistenza tecnica portato avanti negli scorsi anni da ENEA con le associazioni di categoria per quanto riguarda la redazione della diagnosi energetica sembra aver contribuito a far percepire questo strumento non come un mero adempimento ma sempre più come un'opportunità, per migliorare la conoscenza dei propri consumi e per facilitare gli investimenti in efficienza energetica.

Attraverso i dati contenuti nelle diagnosi, si è potuta realizzare un'analisi dei consumi energetici nei vari set-

tori produttivi, al fine di identificare Indici di Prestazione Energetica di stabilimento e, ove possibile, indici afferenti alle singole lavorazioni. Tale analisi ha evidenziato un buon livello di efficienza energetica in gran parte dei comparti produttivi italiani, con consumi specifici spesso al di sotto dei benchmark di settore (BREFs), soprattutto nella produzione della carta, nella lavorazione del vetro, nella trasformazione delle materie plastiche e nella lavorazione della gomma. **Ciò dimostra che, anche a fronte dell'elevata dipendenza del nostro Paese dall'estero e dei conseguenti prezzi elevati dei vettori energetici, l'industria italiana è riuscita a raggiungere una buona maturità in termini di efficienza energetica.** Nonostante il successo delle politiche di incentivazione attuate nell'ultimo decennio, in particolare dei Titoli di Efficienza Energetica, il risparmio associato agli interventi individuati mostra che **esiste ancora un elevato potenziale di riduzione dei consumi nell'industria, la quale si conferma un attore rilevante nel processo di transizione energetica.**

Un'emergenza che non può attendere

Le stime indicano che nell'Unione Europea più di 50 milioni di famiglie

si trovano in condizione di povertà energetica determinata dall'abitare in edifici inefficienti, con elevate spese energetiche, basso reddito e necessità familiari specifiche. **In Italia, secondo la definizione già utilizzata nella Strategia Energetica Nazionale del 2017, la quota delle famiglie in povertà energetica nel periodo 2005-2016 è stata pari a circa l'8% del totale, con un andamento crescente negli ultimi fino al picco di 2,2 milioni di famiglie nel 2016.** Nel PNIEC, si stima che l'incidenza della povertà energetica possa ridursi nei prossimi anni di circa un punto percentuale rispetto al valore del 2016, pari a circa 230.000 famiglie. Tali stime sono però antecedenti alla situazione emergenziale generata dalla pandemia che potrebbe avere un impatto negativo sull'incidenza di questo fenomeno. La povertà energetica ha assunto un ruolo di sempre maggiore importanza nella legislazione europea, in particolare attraverso la pubblicazione del Winter Package nel novembre 2016. Attualmente essa è menzionata in diversi provvedimenti legislativi: nuova Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia, nuova Direttiva sull'Efficienza Energetica (2018/2002), Regolamento sulla governance (2018/1999), Direttiva sul mercato interno dell'energia elettrica (2019/944) e nuova Diretti-

va sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (2018/2001). Ciò chiaramente implica una crescente attenzione a questo fenomeno anche nella legislazione nazionale di recepimento. **Sicuramente la transizione verso un sistema energetico a neutralità climatica dovrà garantire che nessun cittadino venga lasciato indietro, affrontando quindi anche il problema della povertà energetica.** In quest'ottica, l'attuazione di misure di finanziamento volte alla promozione dell'efficienza energetica, con i benefici multipli ad essa associati, è sicuramente una soluzione in grado di supportare le famiglie nel risolvere in modo strutturale questa rilevante criticità. Diversi aspetti, spesso di natura interdisciplinare, devono essere presi in considerazione quando si pianificano misure di mitigazione della povertà energetica. Per citarne alcune, il regime proprietario è sicuramente un aspetto importante, in quanto le misure per la promozione dell'efficienza energetica devono fronteggiare il problema degli *split incentives*, ovvero incentivi contrapposti tra proprietari e inquilini (se l'inquilino paga separatamente le spese di riscaldamento, il proprietario non ha alcun vantaggio a investire in efficienza energetica prima della fine del contratto di locazione). Devono inoltre essere approfonditi il ruolo dei comportamenti, la formazione, le campagne informative, la presenza di impatti di fenomeni come la povertà energetica avversi agli obiettivi climatici ed energetici di lungo termine e la possibilità di fenomeni di gentrificazione nelle città (trasformazione di un quartiere popolare in zona abitativa di pregio).

Strategia, tecnologie e barriere

Per garantire che il settore edifici possa fornire il suo rilevante contributo al processo di transizione energetica sarà necessaria una vera e propria "ondata di ristrutturazioni" di edifici pubblici e privati che permetterà di



Impermeabilizzazione di tetti di edifici industriali a Castel Guelfo di Bologna

ridurre sensibilmente il consumo di energia, contrastare il fenomeno della povertà energetica e fare da stimolo all'economia, sostenendo il settore industriale. Anche su quest'ultimo fronte, la disponibilità di investimenti e di opportuni incentivi potrebbe rendere attuabili numerosi degli interventi individuati, anche quelli con tempi di ritorno più elevati. **Per dare realizzazione alla strategia europea appare molto importante poter soddisfare il fabbisogno di investimenti: in particolare, per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione al 2030 sarà necessario mobilitare investimenti pubblici e privati per almeno 1.000 miliardi di euro.** Secondo il Piano di investimenti per un'Europa sostenibile, nel prossimo decennio sarà destinata a clima e ambiente una porzione significativa del bilancio UE, con la mobilitazione di 260 miliardi di euro l'anno, principalmente da impiegare nel settore dell'energia e dei trasporti. Il settore che evidenzia il fabbisogno maggiore è quello della ristrutturazione degli edifici, ma in generale sarà necessario mettere in campo strumenti adeguati alla verifica di sostenibilità dei progetti e per garantire l'applicazione dell'efficienza al primo posto come principio trasversale per tutte le tipologie di investimento. Nei diversi ambiti fin qui considerati, l'attivazione di un processo spontaneo e virtuoso, che massimizzi i ritorni positivi degli interventi di efficientamento, dipende strettamente dalla rimozione delle barriere amministrative, economiche o finanziarie, che attingono ad investimenti di piccola, ma anche di grossa taglia. In questo modo, gli strumenti finanziari volti a facilitare la riqualificazione degli edifici, come l'Engineering, Procurement & Construction (EPC) e le forme di partenariato pubblico privato (PPP) o gli strumenti di incentivazione disponibili per l'industria, potranno realizzare a pieno il loro potenziale. Molti ostacoli

sono dovuti principalmente a elevati costi d'investimento iniziali, scarsa consapevolezza dei potenziali risparmi, difficoltà di accesso agli incentivi, aspetti gravanti sia sul lato utente finale sia dell'erogatore del credito/finanziamento. Occorre considerare che per gli edifici esistenti nei contesti urbani consolidati, le possibilità di efficientamento energetico sono fortemente limitate dalla complessità delle relazioni tra elementi materiali e immateriali. L'ottimizzazione tecnico-architettonica ha, quindi, caratteristiche decisionali complesse che coinvolgono a più livelli *planner*, decisori e cittadini e deve stimolare lo sviluppo di strumenti e metodologie che riguardino non solo singoli edifici ma l'intero contesto urbano. In questo scenario si colloca l'attività di ricerca del Dipartimento Efficienza Energetica dell'ENEA che riguarda l'analisi dei processi connessi alla tipologia di prodotti che incidono sul settore dell'edilizia (sistema edificio-impianti), allo scopo di utilizzare la fabbricazione digitale per sintetizzare l'unicità del singolo prodotto edilizio pronto per la sua utilizzazione in cantiere e di migliorare l'efficienza dei processi in serie (costruzione di una filiera industriale verticalmente integrata dalla progettazione al cantiere). Con tale approccio si intende mettere a punto e diffondere innovativi sistemi integrati e soluzioni tecniche su misura finalizzati alla standardizzazione e alla promozione degli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio italiano, con conseguente riduzione di costi e di tempi di esecuzione ed incremento della qualità della realizzazione dell'intervento, troppo legata alla fase di cantierizzazione.

Sul piano della ripresa economica si fa notare che, per quanto attiene alla riqualificazione energetica degli edifici, **recenti stime hanno mostrato che un investimento di 200.000 euro in efficienza energetica è in grado di assorbire due occupati diretti e uno**

nell'indotto. Sulla base di tale evidenza è stato calcolato che dall'avvio del meccanismo delle detrazioni fiscali nel 2007, gli oltre 3 miliardi di investimenti attivati ogni anno, in media, hanno occupato oltre 31.000 addetti diretti e circa 16.000 nell'indotto. Ciò sembra fornire un'ulteriore conferma che l'efficienza energetica, in questo caso rappresentata dalla leva fiscale per favorire interventi di efficientamento sugli immobili esistenti, può essere la chiave di volta per rafforzare il binomio "crescita e sostenibilità" necessario per conseguire gli ambiziosi obiettivi europei e nazionali.

In generale, come mostrato dall'approccio adottato per le diagnosi energetiche, il raggiungimento degli obiettivi al 2030 non può che passare anche attraverso una proficua collaborazione tra le istituzioni preposte e gli operatori del settore, ovvero tra chi individua e stabilisce gli indirizzi strategici per il raggiungimento di un elevato grado di efficienza energetica nei comparti produttivi, e chi effettua gli interventi stessi, attraverso la pianificazione e la realizzazione degli investimenti. Le informazioni dalle diagnosi hanno fornito in questo senso un importante supporto alle aziende, che hanno trovato nei dati prodotti da ENEA uno strumento per "profilare" i propri consumi e individuare una baseline di riferimento rispetto alla quale programmare interventi di efficienza energetica.

In conclusione, **le opportunità fornite dalle diverse tecnologie per l'efficienza energetica, applicate ai vari settori e con la dovuta attenzione al fenomeno della povertà energetica, sembrano fornire un contributo chiave per andare nella direzione di una transizione energetica attuata dal basso, con il sostegno di adeguati investimenti pubblici e di misure efficaci di incentivazione a supporto degli investimenti privati.**

Energy transition: an opportunity to rebuild prosperity thinking out of the box

In 2020 Europe and the entire world have faced one of the greatest challenges of our times: the global COVID-19 pandemic proved that not only are our health systems vulnerable, but also our economy and societies at large. At the same time, it has shown that most actions can be successful only if Europeans work together. This is true especially for energy transition, a process that encompasses technological, societal, cultural, economic and environmental aspects, requiring an active role for citizens and communities and a key role for research and innovation to provide a rapid response to the green growth and the pandemic recovery.

DOI 10.12910/EAI2020-034



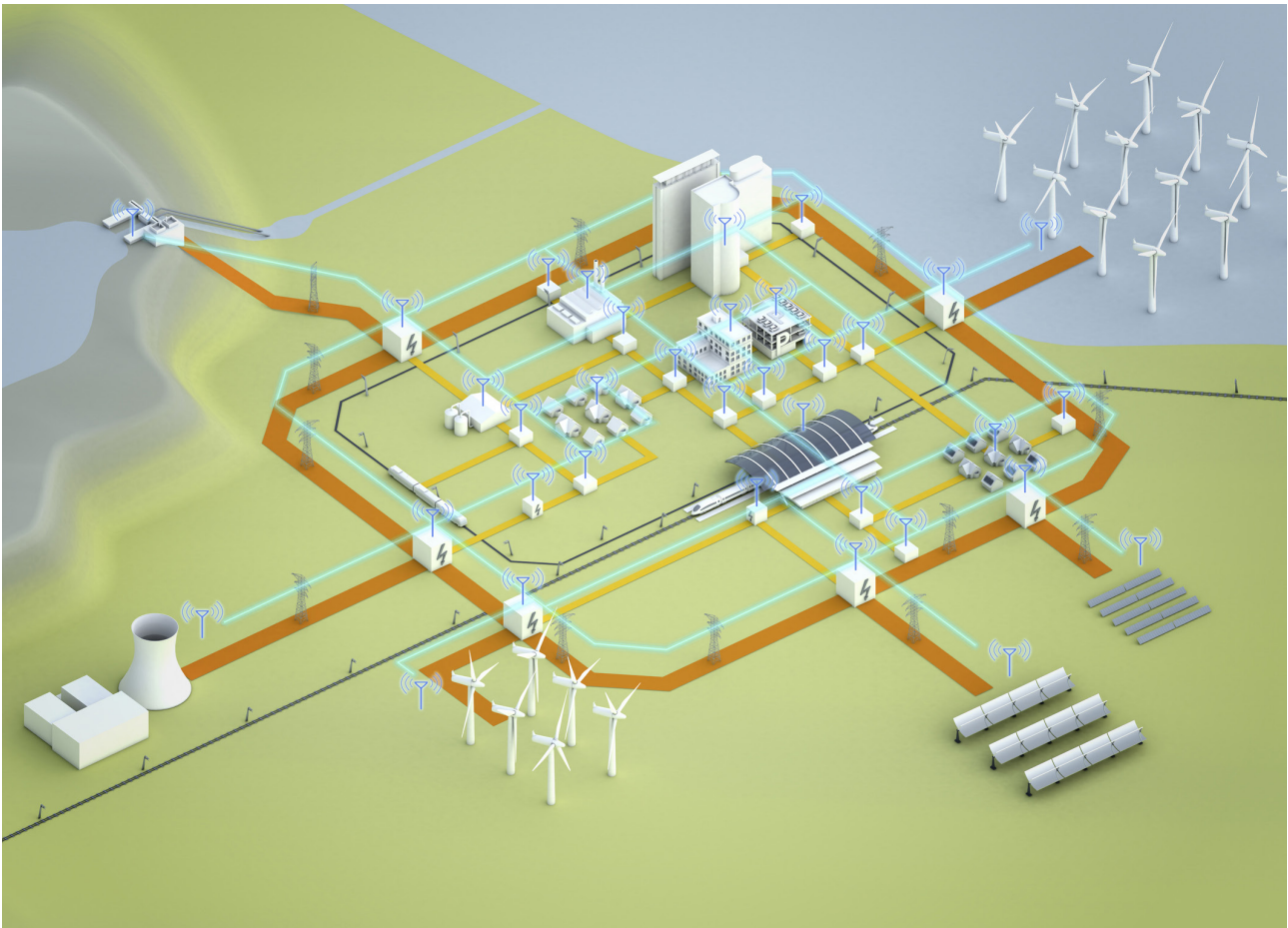
by **Federica Porcellana**, *Institutional Affairs and Relations with the European Union, ENEA*

In 2020 many things have changed. Europe and the entire world have faced one of the greatest challenges of our times: the global COVID-19 pandemic proved that in a globalized world not only are our health systems vulnerable, but also our economy and societies at large. At the same time, **the pandemic has shown that most actions can only be successful if Europeans work together. A joint action will be essential to tackle and overcome such a crisis and transform it into an opportunity to improve our perspective and our capacity to set an ambitious agenda and then gear our efforts to carry it through.** Specific sectors, which have been strongly impacted by the pandemic, have also to be looked into to integrate COVID-19 policy responses with wider strategies aimed at climate change mitigation and energy transition. **A sustainable future depends**

on a healthy planet: climate and environmental-related challenges require an urgent and vigorous response to trigger the transformation of our societies with a new growth model that respects natural resources and ensures lasting prosperity for the future generations. Recent sustainable development thinking has given rise to an ambitious vision of a "New World Economic Order"¹ based on a comprehensive cultural process deeply permeated with values and embracing the national environment, social relationships, education and welfare. It envisages a reassessment of natural assets and the wealth of Nations with a more equitable, productive and environmentally responsible management of global resources, and includes new patterns of technological progress and economic growth that must work for the people and the planet.

Energy transition, the next revolution

Energy plays a vital role in shaping our lives, our conceptions of well-being, and our abilities to connect with our environment (!), this is why a step-change improvement in performance levels is required. **The energy transition may be understood as the next revolution in which the energy regime significantly changes. The energy transition, and the ultimately the decarbonisation of the energy system, is a huge challenge that will require fundamental changes in the way we produce, store, distribute, manage and consume our energy. The energy transition could be defined as a shift from a system dominated by finite energy (chiefly fossil-based) towards a system using infinite energy, such as renewable energy sources, while achieving high levels of energy efficiency and (!) si-**



gnificant benefits derived from circular economy. Urban mobility, smart cities, smart grid and internet of things will also be part of the new course. **Innovation is also a key driver for the transition to a green economy.** Developing new sources of growth will depend on investing in innovation and skills, and the role of policy makers is to take the lead by setting regulatory environments that foster innovation. The process of innovation is taking place within increasingly networked economies with better social welfare and growing environmental measures. **Research and innovation play an instrumental role in this context, both in providing a rapid response to the green growth and the pandemic and in acting**

as engines to bring Europe out of this crisis, building more resilient, sovereign and sustainable society. This process extends from research through technology development, and can be associated to a systemic view, exploiting sectoral integration aspects (such as interfaces to clean mobility, smart communities, energy-intensive industries and energy efficiency in the building domain), as well as trans-disciplinary approaches. **Those are the building blocks for the future European Union and need significant support by the Member States,** and an ambitious investment in these areas is necessary to deal with future societal challenges and improve the life of the European citizens.

Putting people first

In November 2018 the European Commission presented its long-term vision for a prosperous, modern competitive and climate-neutral economy by 2050², and with the European Green Deal adopted in 2019³, the Commission President Ursula von der Leyen, made a commitment for the European Union to become the world's first climate-neutral continent. The President pointed out that the EU is on track to meet its Paris Agreement goals and 2030 targets, but also acknowledged the need to go further and faster. To achieve the ambitious goal of becoming a climate-neutral economy by 2050, Europe needs to launch a number of transformative processes. All

economic sectors must be analyzed with regard to their impact on, and contribution to, the transformation of our energy system. Achieving this transition is one of the key factors in addressing the current climate crisis. It requires investments in innovation and technology development; however, the energy transition can be turned into an opportunity for growth and competitiveness.

The European Green Deal is a new growth strategy, an ambitious package of measures that should ensure that the EU meets its climate goals, while enabling the European citizens and businesses to benefit from a sustainable green transition. It provides a roadmap with actions to boost the efficient use of resources by moving to a clean, circular economy, to restore biodiversity and cut pollution, outlining investments needed and financing tools available, and explaining how to ensure a just and inclusive transition. **It means to put sustainability – in all its senses – and the well-being of citizens at the centre of our action. This requires bringing four dimensions together, that is environment, productivity, stability and fairness, focusing efforts on leading the transition to a nature-friendly and climate neutral continent by 2050.**

In this context, putting people first is essential to ensure a fair and inclusive transition, taking in consideration those regions, industries and workers who will have to change more radically. Energy transition encompasses technological, societal, cultural, economic and environmental aspects and this means a more active role for citizens and communities.

Climate neutrality, a driving force

President Charles Michel, in his address to the European Parliament in May 2020⁴ highlighted the central role of the transition to a climate-neutral EU in the recovery from the COVID-19 crisis, and that climate neu-

trality should be a driving force for supporting our businesses and our economic and social transformation. *The climate agenda will need to be at the heart of our common project.* The joint statement of the Members of the European Council, adopted on 26 March 2020⁵, called for a coordinated exit strategy, a comprehensive recovery plan⁶ and unprecedented investments to develop a Roadmap to this end. **In the short term, a crucial priority would be to restore a solid, stable and healthy financial sector able to promote the sustainability of public finances and enhance potential growth.**

At the end of May the Commission presented a very wide-ranging package combining the future **Multiannual Financial Framework 2021-2027 (MFF)**⁷ and a **specific Recovery effort under Next Generation EU (NGEU)**⁸, **adopting emergency measures to preserve the health of the citizens and prevent a collapse of the economy.** After extensive consultations and much work carried out by the Council, the proposal provides a balanced solution catering for the interests and positions of all Member States. It is an ambitious and comprehensive package combining the classical MFF with an extraordinary Recovery effort destined to tackle the effects of such an unprecedented crisis in the best interest of the EU.

NGEU and MFF go together, the recovery effort has to be quick, effective linked to, and in harmony with the traditional MFF that has shaped our budgetary policies since 1988. **Member States shall prepare their national recovery and resilience plans setting out their reform and investment agenda for the years 2021-23.** The plans will be reviewed and adapted as necessary in 2022 to take account of the final allocation of funds for 2023⁹. An overall climate target of 30% will apply to the MFF and NGEU together, complying with the objective of EU climate neutrality by 2050 and contri-

buting to achieving the Union's new 2030 climate targets, which will be updated by the end of the year. As a **general principle, all EU expenditure should be consistent with the Paris Agreement objectives**¹⁰. **Both NGEU and MFF will help to transform the EU through its major policies, particularly the European Green Deal, the digital revolution and resilience.**

The European Strategic Energy Technology Plan

Reflecting the importance of tackling climate change in line with the Union's commitments to implement the Paris Agreement and the United Nations Sustainable Development Goals, EU expenditure should be consistent with the Paris Agreement objectives and the “do no harm” principle of the European Green Deal. **An effective methodology for monitoring climate-spending and its performance, including reporting and relevant measures in case of insufficient progress, should ensure that the next MFF contributes to the implementation of the Paris Agreement. In order to address the social and economic consequences of the objective of reaching climate neutrality by 2050 and the Union's new 2030 climate target, a Just Transition Mechanism, including a Just Transition Fund, will be created**¹¹.

The European Strategic Energy Technology Plan is the R&I pillar of the European Energy Union¹², aimed at accelerating the development and deployment of low-carbon technologies, improving new technologies and bringing down their costs, by coordinating national research efforts and facilitating financing of innovation projects in the energy sector.

It is worth noting the **role of the SET Plan**, that promotes cooperation amongst European countries, companies, research institutions and the EC itself, putting forward a specific vision for each technology area, the so-called Actions. It sets ambitious targets

to be reached in the next decade and provides a platform to define common targets, align research agendas and coordinate with national programmes, which results in a number of concrete partnerships.

Considering the goal of climate neutrality by 2050, the proposed **European Climate Law** turns the political commitment into a legal obligation and a trigger for investment¹³. In order to ensure that all EU policies contribute to this goal and that all sectors of the economy and society play their part¹⁴, it establishes a legal framework for achieving tasks and for reviewing existing policies and the Union legislation to avoid inconsistencies with climate-neutrality.

Particular attention should also be given to financing, in order to develop a very strong strategy and mobilize strong tools, such as the European budget, to readjust the EU strategy to cope with the huge consequences of the covid-19 crisis. Subsequently the EU is to commit to working together for the recovery fund, to identify short term priorities and activate more means and more money.

The “do not harm” principle

On the 23rd of June 2020, the EU environment and climate Ministers met to debate the contribution of environmental and climate policies to the recovery from the COVID-19 pandemic. In particular, **Ministers highlighted several points, such as the linkages between the initiatives in the European Green Deal and the need to address them in a coherent manner, and the need for adequate resources for the green transition under the recovery plan and the MFF.**

The importance of the EU’s 2050

objective of climate neutrality for providing a stable investment environment was remarked and several ministers highlighted the need to apply the aforementioned “do no harm” principle while some stressed the need to take account of national or local specificities. The Circular economy, with a focus on recycling, sustainable product policies and more actions to deal with plastics and the upcoming strategy for chemicals, were also discussed. Many Ministers pointed out that the **circular economy can boost in particular local job creation and increase resilience by making Europe less dependent on imports.**

Recently, in July 2020 the EU heads of State and government met in Brussels for a Special Summit to discuss the EU budget 2021-2027 and the Next Generation EU recovery fund. On the 10th of July, European Council President Charles Michel, following bilateral discussions with all the EU leaders, presented his proposal for the MFF and the recovery package observing that *the goals of our recovery can be summarised in three words: first convergence, second resilience and third transformation. Concretely, this means repairing the damage caused by COVID-19, reforming our economies and remodelling our societies.*

Based on that proposal, Member states will prepare national recovery and resilience plans for 2021-2023 in line with the European Semester, notably country-specific recommendations¹⁵. The plans will be reviewed in 2022 and the assessment of these plans will be approved by the Council by a qualified majority vote on a proposal by the Commission. Secondly, it is worth noting that as regards climate conditionality, 30% of the funding will target climate-related projects. **Expenses**

under the MFF and Next Generation EU will comply with the EU’s objective of climate neutrality by 2050, the EU’s 2030 climate targets and the Paris Agreement.

Addressing energy transition:
Key Policies and measures

Among the key policies to achieve the European Green Deal it’s important to recall the proposal for a **Carbon Border Adjustment Mechanism** for selected sectors, scheduled for 2021, aiming at reducing the risk of carbon leakage, in full compatibility with the World Trade Organization (WTO) rule. The **Energy Taxation Directive** will also be revised and aligned with climate objectives to provide a coherent policy framework. By June 2021, the Commission will also review and, where necessary, propose to revise all relevant policy instruments to deliver additional greenhouse gas emissions reductions. In early 2021, the Commission will adopt a new, more ambitious EU strategy on adaptation to climate change in order to strengthen efforts on climate-proofing, resilience building, prevention and preparedness, ensuring that businesses, cities and citizens are able to integrate climate change into their risk management practices.

All these packages set the framework for delivering on the European Green Deal, building on an increased emphasis on the need for climate action within the European Institutions. Hence, a holistic view of the energy system and the innovation policies is essential to the transition, to turn it into a concrete opportunity. Governments also have to play a crucial role in the energy transition within the Energy Union narrative.

- ¹ <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000065765>
- ² The Communication ‘A Clean Planet for all- A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate-neutral economy’ COM(2018) 773 final
- ³ The European Green deal COM/2019/640 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
- ⁴ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2020/05/13/intervention-at-the-european-parliament-on-the-video-conference-of-the-members-of-the-european-council-of-23-april-2020/>
- ⁵ <https://www.consilium.europa.eu/media/43076/26-vc-euco-statement-en.pdf>
- ⁶ <https://www.consilium.europa.eu/media/43384/roadmap-for-recovery-final-21-04-2020.pdf>
- ⁷ MFF. The overall amount for commitments is EUR 1,074.3 billion
- ⁸ The amounts under NGEU for individual programmes shall be as follows:
- Recovery and Resilience Facility (RRF) EUR 560 billion
 - ReactEU: EUR 50 billion
 - Horizon Europe: EUR 13.5 billion
 - InvestEU: EUR 30.3 billion
 - Solvency Support Instrument: EUR 26 billion
 - Rural Development: EUR 15 billion
 - Just Transition Fund (JTF): EUR 30 billion
 - RescEU: EUR 2 billion
 - Health programme: EUR 7.7 billion
 - NDICI: EUR 15.5 billion
 - Total: EUR 750 billion
- ⁹ The Commission is invited to come forward before the October European Council with proposals on how to accelerate and facilitate procedures in Member States
- ¹⁰ COM(2015) 80 final, ENERGY UNION PACKAGE, A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward- Looking Climate Change Policy, Brussels, 25.2.2015 The European Energy Union, founded in 2015, stresses the need for a fundamental transformation of our energy systems towards a sustainable, low carbon and climate-friendly economy
- ¹¹ The EU has to provide financial support and technical assistance to help people, businesses and regions that are most affected by the move towards the green economy. This is called the Just Transition Mechanism and will mobilise at least €100 billion over the period 2021-2027 in the most affected regions
- ¹² <https://setis.ec.europa.eu/actions-towards-implementing-integrated-set-plan>
- ¹³ https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/law_en. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law) COM/2020/80 final
- ¹⁴ Reaching this target will require action by all sectors of our economy, including:
- investing in environmentally-friendly technologies
 - supporting industry to innovate
 - rolling out cleaner, cheaper and healthier forms of private and public transport
 - decarbonising the energy sector
 - ensuring buildings are more energy efficient
 - working with international partners to improve global environmental standards
- ¹⁵ According to the President’s proposal, repayments would start in 2026, and this commitment enhances the pressure on introducing new own resources. There would be a new own resource related to the use of plastic waste starting in 2021. The Commission would put forward a proposal in the first half of 2021 on a carbon adjustment measure and a digital levy would be introduced by the end of 2021. The Commission would then come back with a revised proposal on ETS and finally work would continue on the project of a financial transaction mechanism

La cooperazione euro-mediterranea e il ruolo dell'Italia negli scenari di decarbonizzazione

L'obiettivo di accelerare il passaggio dai combustibili fossili alle energie rinnovabili nella regione mediterranea si è intensificato negli ultimi anni e, in particolare, a seguito dell'emergenza COVID-19. In questo quadro strategico, il nostro Paese può svolgere un ruolo di rilievo tenuto conto che tre delle cinque organizzazioni di coordinamento delle piattaforme energetiche sono a guida italiana: MEDREG, coordinato da ARERA; Med TSO, coordinato da TERNA; MEDENER, coordinato da ENEA.

DOI 10.12910/EAI2020-035



Roberta Boniotti,
Segretario generale
di MEDENER



Giorgio Graditi,
Presidente di
MEDENER

Le forti tendenze di crescita della domanda di energia nei Paesi del Sud e dell'Est del Mediterraneo, le crescenti preoccupazioni per lo sviluppo socio-economico sostenibile e per la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e la necessaria transizione verso la decarbonizzazione del sistema energetico e dell'economia per adattarsi ad un contesto climatico in evoluzione, accentuano la necessità e l'urgenza di accelerare l'implementazione di politiche di efficienza energetica e di sviluppo delle energie rinnovabili nella regione mediterranea. In questa direzione opera MEDENER, l'associazione internazionale di tredici agenzie energetiche nazionali della regione Mediterranea, istituita a Tunisi nel 1997 con l'obiettivo di contribuire allo sviluppo e alla diffusione delle fonti rinnovabili di energia e dell'efficienza energetica nei Paesi dell'area, attraverso lo scambio di esperienze, compe-



Fig. 1 Paesi membri di MEDENER: Algeria, Francia, Giordania, Grecia, Italia, Libano, Malta, Marocco, Palestina, Portogallo, Siria, Spagna, Tunisia

tenze e know-how nei settori citati e la salvaguardia dell'ambiente a livello locale e regionale. ENEA è tra i soci fondatori e da no-

vembre 2016 presiede l'Associazione e ne coordina il segretariato. I principali punto di forza di MEDENER sono il network di oltre 1000 esperti

delle agenzie energetiche nazionali e il fatto di essere il principale “stakeholder” della **Piattaforma energetica per l'efficienza energetica e le rinnovabili dell'Unione per il Mediterraneo (UpM)**, insieme al Centro Regionale delle Energie Rinnovabili ed Efficienza Energetica, RCREEE, organizzazione intergovernativa della Lega Araba, con sede in Egitto.

Unione per il Mediterraneo, Piattaforme energetiche e ruolo dell'Italia

L'obiettivo principale dell'Unione per il **Mediterraneo (UpM)**, l'organizzazione intergovernativa di cui fanno parte 43 Paesi d'Europa e del bacino mediterraneo, è promuovere la stabilità e l'integrazione nella regione mediterranea, rafforzando la cooperazione attraverso il dialogo regionale su alcune tematiche di interesse comune. Le attività UpM si basano sui principi guida della politica estera dell'Unione Europea, incentrata sull'avanzamento e sul consolidamento di un forte multilateralismo, sulla sicurezza sostenibile e sulla cooperazione internazionale. Nella Conferenza Ministeriale sulla cooperazione energetica euro-medi-

terranea di Roma del 19 novembre 2014, fu proposta la costituzione di tre piattaforme tematiche, per assicurare un forum permanente di discussione degli obiettivi comuni energetici e delle relative misure, al fine di identificare azioni concrete di collaborazione. Le tre piattaforme, avviate nel 2016, sono:

- Piattaforma euro-mediterranea sul gas naturale (GAS), rappresentata dall'**Osservatorio Mediterraneo dell'Energia (OME)**;
- Piattaforma euro-mediterranea sul mercato regionale dell'energia elettrica (REM), rappresentata dai **Regolatori dell'Energia del Mediterraneo (MEDREG)** e dai **Gestori dei sistemi di trasmissione del Mediterraneo (Med TSO)**;
- Piattaforma euro-mediterranea sulle fonti rinnovabili di energia e sull'efficienza energetica (REEE), rappresentata da **MEDENER e RCREEE**.

L'obiettivo comune di accelerare la transizione energetica dai combustibili fossili alle energie rinnovabili nella regione mediterranea si è intensificato negli ultimi anni e, particolarmente, a seguito dell'emergenza COVID-19. Al

fine di facilitare il dialogo tra i Paesi, gli “stakeholder” delle tre piattaforme energetiche svolgono un rilevante ruolo di collegamento tra gli operatori energetici e i rappresentanti istituzionali, integrando le rispettive competenze a favore della transizione energetica verso un'economia sostenibile.



Le tre aree tematiche sono fortemente interconnesse e i risultati nella transizione energetica, nel rispetto delle azioni per il clima, possono essere ottenuti attraverso l'armonizzazione e il forte coordinamento delle attività tra le tre Piattaforme. In questo quadro strategico, è rilevante evidenziare che tre delle cinque organizzazioni internazionali di coordinamento delle piattaforme energetiche sono a guida italiana (MED-REG, coordinato da ARERA; MED-TSO, coordinato da TERNA; MEDENER, coordinato da ENEA), a dimostrazione del riconoscimento internazionale del ruolo centrale dell'Italia nell'area mediterranea ed in linea con gli interessi industriali e gli indirizzi strategici di politica estera del nostro Paese nella regione euro-mediterranea.

L'azione dell'ENEA per una 'nuova' fase' di MEDENER

MEDENER rappresenta una rete di oltre 1000 esperti, che lavorano in stretta collaborazione con le rispettive amministrazioni centrali nazionali, supportando la progettazione di politiche e programmi di efficienza energetica (EE) e di energie rinnovabili (RE). Tra i membri di MEDENER, nel



Inaugurazione della centrale solare termodinamica costruita nella 'Città della Scienza e della Tecnologia' di Borg-el-Arab, a circa 40 chilometri da Alessandria d'Egitto. L'impianto è stato realizzato nell'ambito del progetto europeo MATS (Multipurpose Applications by Thermodynamic Solar), coordinato dall'ENEA

corso degli anni di relazioni bilaterali e multilaterali, si sono create sinergie tra le agenzie energetiche e le amministrazioni pubbliche e l'approccio di gestione è sempre stato impostato sul modello di "rete" di agenzie.

La Presidenza ENEA ha avviato una "nuova fase" di gestione dell'associazione, volta a configurare MEDENER come una "organizzazione internazionale", con una propria strategia. Inoltre, con il sostegno di tutti i soci, ha stabilito ambiziosi obiettivi finalizzati a rafforzarne il ruolo centrale nelle politiche del Mediterraneo, quali l'inclusione di ulteriori Paesi della regione, una nuova organizzazione interna, l'acquisizione di finanziamenti per le azioni necessarie alla realizzazione degli obiettivi di transizione energetica ed il supporto all'armonizzazione e al coordinamento delle atti-

vità delle tre piattaforme energetiche dell'UpM.

I risultati raggiunti dopo quasi quattro anni di Presidenza ENEA sono in linea con gli obiettivi. Le Direzioni "Energia" e della "Politica di Vicinato" della Commissione Europea hanno affidato un finanziamento diretto a MEDENER e RCREEE per l'attuazione del progetto "*Mitigation enabling energy transition in the Mediterranean region* (meetMED) cui partecipano esperti provenienti da Marocco, Algeria, Tunisia, Giordania, Libano, Palestina, Egitto, Libia, Italia, Grecia, Francia, Spagna e Portogallo. Le azioni sviluppate in meetMED, volte all'incremento delle quote di rinnovabili ed efficienza energetica nel mix energetico regionale, contribuiscono a sostenere nuove politiche e strategie energetiche nei Paesi beneficiari, ad incentivare ed at-

trarre nuovi investimenti sostenibili in ambito energetico, anche mediante la sensibilizzazione dell'opinione pubblica e la formazione tecnica.

Di fatto, quindi, **MEDENER sta assumendo progressivamente un ruolo sempre più strategico nella transizione energetica della regione**, in un momento di estrema rilevanza per la cooperazione tra i Paesi dell'Unione Europea, Nord Africa e Medio Oriente. Nel 2021 si terrà l'attesa **Conferenza Ministeriale sull'energia dell'UpM** che definirà i prossimi obiettivi della regione in ambito energetico; tutti gli "stakeholder", ma in particolare quelli italiani, avranno una forte opportunità in termini di indirizzo delle scelte strategiche verso un "**Green Deal euro-mediterraneo**".

Il progetto meetMED per lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel Mediterraneo

Il progetto europeo meetMED (Mitigation Enabling Energy Transition in the Mediterranean Region) si propone di facilitare la transizione energetica nei Paesi euro-mediterranei incrementando la quota di fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica nel mix energetico dell'area entro il 2040. Finanziato dall'UE con 1,6 milioni per una durata di due anni, meetMED ha come partner MEDENER, l'associazione delle agenzie nazionali dei Paesi del Mediterraneo per le energie rinnovabili e l'efficienza energetica e il centro regionale RCREEE per le energie rinnovabili e l'efficienza energetica con sede al Cairo. L'obiettivo è di individuare e implementare – attraverso la condivisione delle conoscenze a livello scientifico – soluzioni per costruire sistemi energetici più stabili, efficienti e competitivi e migliorare la loro sicurezza e accrescere il risparmio, favorendo al contempo la transizione verso economie a basse emissioni di carbonio. Nello specifico, le attività di meetMED si propongono di rafforzare l'attuazione delle misure per promuovere la transizione energetica a livello nazionale, regionale e locale e fornire a istituzioni e soggetti privati strumenti concreti per l'attuazione di piani di efficienza e di risparmio energetico nell'area del Mediterraneo.

La prima fase del progetto si è conclusa a fine aprile 2020 ma, considerati gli eccellenti risultati ottenuti e l'interesse tecnico e politico dei Paesi mediterranei a continuare la cooperazione per l'accelerazione della transizione energetica, la Commissione Europea ha finanziato una seconda fase di meetMED, che prenderà avvio a settembre 2020.

Fusione nucleare e Green New Deal

La decarbonizzazione del settore energetico potrà difficilmente essere raggiunta con un'unica tecnologia, ma richiederà anche un portafoglio di fonti non considerate rinnovabili che abbiano bassa o nulla produzione di CO₂. Per rendere questo insieme di energie pienamente sostenibile anche nella fase successiva alla transizione energetica, occorre sviluppare la tecnologia della fusione che ha diversi vantaggi in termini di sicurezza, ambiente e disponibilità e può fornire il carico di base in un mix a forte presenza di fonti intermittenti, anche con sostanziale disponibilità di energy storage.

DOI 10.12910/EAI2020-036

di Paola Batistoni, Marco Ciotti, Alessandro Dodaro, Giuseppe Mazzitelli, Dipartimento Fusione e Sicurezza Nucleare, ENEA (*)

L'Unione Europea è impegnata nell'ambiziosa impresa di arrivare ad emissioni nette nulle di gas serra entro il 2050 con la prospettiva di un nuovo modello di sviluppo che separi la crescita dallo sfruttamento delle risorse e punti sull'innovazione tecnologica. Il Green New Deal, lanciato alla fine del 2019, prevede una serie di azioni per raggiungere questo obiettivo. Benché l'enfasi sia sullo sviluppo delle energie rinnovabili, la decarbonizzazione del settore energetico difficilmente potrà essere raggiunta da un'unica tecnologia e richiederà un portafoglio di soluzioni energetiche che includa anche fonti energetiche non considerate rinnovabili, ma che abbiano bassa o nulla produzione di CO₂. Per rendere questo mix di energie pienamente sostenibile anche nella fase successiva alla "transizione energetica" occorre sviluppare l'energia da fusione che ha infatti diversi vantaggi:

- è virtualmente illimitata e diffusa – nell'acqua di mare c'è abbastanza combustibile (deuterio e litio) per mandare avanti la Terra con gli attuali consumi per alcune decine di milioni di anni;
- la disponibilità del combustibile, uniformemente distribuito ed utilizzabile da tutti i popoli del mondo, non genera

tensioni geopolitiche;

- la reazione su cui si basa non produce gas serra;
- è intrinsecamente sicura;
- è rispettosa dell'ambiente – la reazione di fusione non produce scorie radioattive. Nel corso delle operazioni diventano radioattive le pareti della camera di reazione ma con un'opportuna scelta dei materiali la radioattività decade in alcune decine di anni.

Un reattore a fusione produce molta più energia per unità di massa di combustibile di qualunque reazione chimica come il bruciamento di benzina, gas o carbone. Ad esempio, una centrale a carbone da 1 GW consuma 2,7 milioni di tonnellate di combustibile/anno mentre una centrale a fusione di pari potenza si stima consumerà 250 kg di combustibile/anno. All'interno del reattore saranno presenti pochi grammi di combustibile in ogni momento, caratteristica che renderà questi reattori particolarmente sicuri.

Per ottenere reazioni di fusione occorre riscaldare i reagenti (due isotopi dell'idrogeno, deuterio e trizio, quest'ultimo prodotto a partire dal litio) a temperature di circa 100 milioni di gradi – superiori persino a quelle che si incontrano nei nuclei delle stelle. A temperature

così elevate la miscela di reagenti si trova nella forma di gas ionizzato (plasma) e deve essere confinata mediante intensi campi magnetici. Così come il plasma nelle stelle, anche quelli di laboratorio sono sistemi complessi. Essi esibiscono una varietà di fenomeni turbolenti e instabilità che tendono a deteriorare il loro confinamento. I plasmi di laboratorio sono stati "addomesticati" a poco a poco grazie ad un imponente sforzo scientifico di tipo sperimentale e teorico.

Il Progetto ITER e la collaborazione tra le sette maggiori potenze economiche

È importante sottolineare che negli esperimenti attualmente in funzione sono già raggiunti valori di densità e temperatura del plasma simili a quelli richiesti in un reattore a fusione. Tuttavia, la potenza iniettata nella camera di reazione per raggiungere queste condizioni è stata finora sempre superiore a quella rilasciata dalle reazioni di fusione, con un record di 16 MW di potenza di fusione ottenuto sulla facility europea JET a fronte di 25 MW di potenza iniettata. Il primo esperimento in cui la potenza di fusione dovrebbe superare ampiamente quella iniettata nella

camera sarà ITER [1], in costruzione a Cadarache in Francia.

ITER, che ha di recente completato circa il 70% della costruzione e si prevede entri in funzione nel corso di questo decennio, è una collaborazione tra le sette maggiori potenze economiche (Unione Europea, Cina, India, Giappone, Corea, Russia e Stati Uniti) che rappresentano il 50% della popolazione e l'85% del PIL globale. Tutti questi Paesi hanno programmi di ricerca avanzati sulla fusione motivati, in alcuni casi, dalla urgente necessità di accesso a nuove fonti di energia. L'Unione Europea ha da sempre la leadership mondiale delle ricerche in questo campo e sta sostenendo circa la metà dei costi di costruzione di ITER con l'obiettivo di avere il massimo ritorno scientifico da questo investimento e progredire nei tempi più brevi possibili verso DEMO, il reattore dimostrativo. ITER rappresenta un'extrapolazione rispetto agli esperimenti attuali sufficientemente piccola da renderci confidenti nel raggiungimento degli obiettivi, ma significativa per la dimostrazione delle potenzialità dell'energia da fusione. ITER produrrà 500 MW di potenza termica di fusione a fronte di 50 MW di potenza iniettata

nella camera di reazione – un fattore di amplificazione della potenza pari a 10 – per impulsi della durata di alcune centinaia di secondi fino a circa un'ora. La sua progettazione ha richiesto l'apporto di una vasta comunità di fisici che hanno cercato di comprendere le leggi della fisica dei plasmi e modellizzato in dettaglio il loro comportamento.

Sfide scientifiche e tecnologiche

La costruzione di ITER ha permesso alla comunità scientifica di misurarsi con le principali sfide di ingegneria della costruzione di un reattore a fusione:

- magneti superconduttori di grandi dimensioni ed elevate prestazioni;
- camere da vuoto di oltre 11 metri di altezza e 19 metri di diametro, con tolleranze di costruzione di pochi millimetri;
- sistemi di generazione di onde elettromagnetiche di alta potenza e fasci di atomi neutri di elevata energia e corrente;
- componenti affacciate al plasma che devono sopportare elevati tassi di erosione ed elevati carichi termici;
- manutenzione remotizzata delle componenti dentro la camera;
- sistemi di estrazione, stoccaggio e manipolazione di elevate quantità di trizio;
- sistemi di misura delle proprietà fi-

siche del plasma effettuate in un ambiente altamente radiogeno.

La costruzione di ITER ha rappresentato un'opera di estrema complessità, svolta in completa sinergia fra scienziati e ingegneri di numerose nazionalità, etnie, religioni e lingue, contribuendo alla coesione fra i popoli e all'innovazione in molti settori ad alta tecnologia. Le sfide poste dalla costruzione di ITER sono state affrontate e superate grazie a un dettagliato programma di ricerca e sviluppo che ha coinvolto l'industria europea e ha visto l'industria italiana in prima linea, aggiudicandosi circa 1,3 miliardi di euro, oltre il 50% del valore delle commesse se si escludono gli edifici e le infrastrutture. **L'Italia è, quindi, nella posizione migliore per sfruttare il ritorno di know-how industriale dalla costruzione di ITER.**

La via verso 'DEMO'

La via verso la costruzione del reattore dimostrativo DEMO prevede, in parallelo ad ITER, di procedere prioritariamente a:

- sviluppare e qualificare nuovi materiali capaci di mantenere le proprie caratteristiche termo-meccaniche anche sotto l'effetto del danneggiamento da parte dei neutroni prodotti nelle reazioni di fusione;
 - perfezionare le tecnologie per la generazione del trizio – prodotto all'interno del reattore a partire dal litio;
 - consolidare il quadro di conoscenze dei meccanismi di base della fisica del plasma in condizioni reattoristiche.
- Per completare in tempo utile tutti gli sviluppi che consentano, nel momento in cui ITER consegua l'obiettivo di un guadagno in energia pari a 10, l'inizio della costruzione di DEMO, l'Unione Europea ha sviluppato una Roadmap [2] che conduce verso la generazione di elettricità da fusione. DEMO, oltre a produrre una potenza termica in quantità molto superiore a quella di ITER, dovrà dimostrare la generazione netta di energia elettrica e l'autosuffici-



Fig. 1 Veduta aerea del sito del reattore sperimentale ITER, in costruzione a Cadarache, in Francia (maggio 2020)

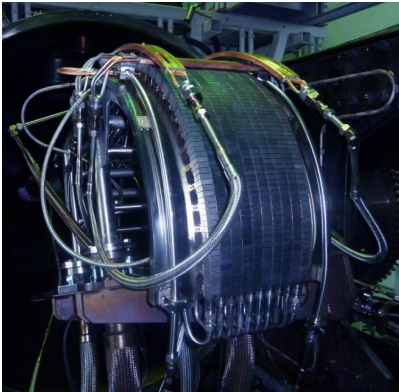


Fig. 2 Prototipo scala 1:1 del bersaglio verticale del divertore di ITER realizzato da ENEA a Frascati (per Ansaldo Nucleare) e provato con successo alle condizioni di lavoro all'interno del reattore

za nella produzione di trizio. **DEMO inoltre dovrà dimostrare che è possibile costruire un reattore a fusione con costi di investimento compatibili con la sostenibilità economica della fusione.**

Naturalmente il successo di questo programma dipende dalla capacità di superare una serie di sfide scientifiche e tecnologiche. Tra queste quella forse più importante è la capacità di smaltire il calore generato dalle reazioni di fusione e utilizzato per mantenere il plasma alla temperatura di 100 milioni di gradi. La soluzione individuata prevede di convogliare tale flusso di calore su un componente dedicato, detto *divertore*, composto da piastre raffreddate attivamente sulle quali i carichi termici possono raggiungere valori di alcune decine di MW/m², dello stesso ordine del flusso di calore che si ha sulla superficie del Sole! ITER utilizzerà la configurazione di divertore oggi

più studiata, ma questa configurazione potrebbe non essere estrapolabile a DEMO.

Il progetto DTT dell'ENEA

Per studiare configurazioni alternative di divertore, la Roadmap all'elettricità da fusione ha proposto la realizzazione di una nuova macchina con lo scopo di trovare una soluzione estrapolabile a DEMO, chiamata Divertor Tokamak Test (DTT) facility [3]. DTT rappresenta una rilevante opportunità di crescita per il sistema ricerca italiano e sfrutterà al meglio le competenze conseguite dall'industria e dai laboratori di ricerca italiani durante la realizzazione ed utilizzo delle macchine Tokamak dei laboratori ENEA di Frascati, FT e FTU, e nella partecipazione alla realizzazione di ITER. Il DTT è stato ideato dall'ENEA in collaborazione con CNR, INFN, Consorzio RFX, CREATE e alcune tra le più prestigiose università italiane.

L'investimento complessivo è di oltre 500 milioni di euro e, tra gli investimenti principali sono previsti 250 milioni stanziati dalla BEI con la garanzia del Fondo europeo per gli investimenti strategici (FEIS, pilastro del Piano Juncker), EU-

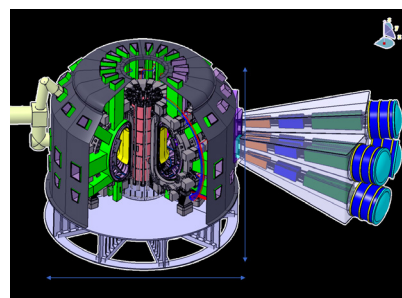


Fig. 3 Divertor Tokamak Test facility (DTT)

ROfusion contribuirà con 60 milioni a valere sui fondi Horizon 2020, il Ministero dello Sviluppo Economico e quello per l'Istruzione, l'Università e la Ricerca con 40 milioni ciascuno, la Regione Lazio con 25 milioni.

Positive le ricadute sulla ricerca scientifica mondiale per i grandi progetti in corso e sull'economia italiana. Saranno infatti coinvolti 1.500 tra scienziati e tecnici (di cui 500 direttamente) e l'impatto sul PIL italiano sarà di circa due miliardi di euro.

Studi sulla penetrazione dell'energia da fusione mostrano che essa può vantaggiosamente contribuire alla produzione di elettricità verso la fine del secolo fornendo il carico di base in un mix energetico a forte presenza di fonti intermittenti, anche con sostanziale disponibilità di energy storage. Il successo di tale penetrazione dipenderà, da un lato, dalla economicità dell'energia prodotta ovvero dalle soluzioni tecnologiche adottate. D'altro lato, essa dipenderà in buona misura anche dalla determinazione con la quale la società vorrà perseguire l'obiettivo della decarbonizzazione.

(*) Paola Batistoni, Dipartimento Fusione e Sicurezza Nucleare, Responsabile della Sezione Sviluppo e Promozione della Fusione; Marco Ciotti, Responsabile della Divisione Fisica della Fusione; Alessandro Dodaro, Direttore del Dipartimento Fusione e Sicurezza Nucleare; Giuseppe Mazzitelli, Vicedirettore del Dipartimento Fusione e Sicurezza Nucleare

BIBLIOGRAFIA

1. www.iter.org
2. European Research Roadmap to the Realisation of Fusion Energy, www.euro-fusion.org/eurofusion/roadmap/
3. DTT - Divertor Tokamak Test facility – Interim Design Report (“Green Book”) (https://www.dtt-project.enea.it/downloads/DTT_IDR_2019_WEB.pdf)

I giovani e l'associazionismo come risorsa per la transizione energetica

L'ambizione europea di trasformare i sistemi energetici ed economici all'insegna di una maggiore sostenibilità richiede un coinvolgimento di governi, istituzioni, imprese, università e della società civile ad ogni livello. Una risorsa strategica è rappresentata dai giovani e dalla nascita di associazioni che operano in questi settori, tenuto conto che - come afferma Frans Timmermans, Vicepresidente della Commissione Europea con delega al Green Deal - il contributo giovanile e le manifestazioni ambientaliste sono stati elementi chiave per l'approvazione del Green Deal e per promuovere processi di rinnovamento verso la transizione energetica e la decarbonizzazione dell'economia.

DOI 10.12910/EAI2020-037

di **Silvia Binet, Marco Costa, Federico Barbieri (*)**

L'ambizione europea di veder trasformato il sistema energetico, e più in generale quello economico, dei suoi ventisette Stati membri verso modelli più sostenibili, richiede un coinvolgimento significativo della società ad ogni livello: dai governi alle istituzioni locali, passando per le grandi, medie e piccole imprese, fino alle università e alla società civile. Tuttavia, il valore dei giovani come vera e propria risorsa per il rinnovamento sociale è spesso sottostimato. E invece, come sottolineato in più occasioni dal Vicepresidente della Commissione Europea con delega al Green Deal, Frans Timmermans, il contributo giovanile e le manifestazioni ambientaliste sono stati elementi chiave per l'approvazione del Green Deal da parte del parlamento europeo. Oltre all'entusiasmo contagioso dei giovanissimi dei Friday for Future, sono soprattutto le conoscenze e le motivazioni degli universitari e dei giovani professionisti in età compresa fra i 20 e i 35 anni a costituire un capi-

tale ad alto potenziale nel contesto del Green Deal Europeo e della transizione energetica.

Cambiamenti rapidi e radicali

Proattività, capacità di adattamento e forte voglia di mettersi in gioco sono solo alcune delle caratteristiche che rendono i giovani attori fondamentali in una società soggetta a cambiamenti rapidi e radicali. D'altra parte, la necessità di spazi di partecipazione sociale e contatto diretto e dialogo con le istituzioni è condivisa da molti, come anche espresso dai partecipanti al primo European Youth Energy Day tenutosi in occasione della European Sustainable Energy Week (EUSEW) 2020. Non far leva su tale motivazione significherebbe disperdere un capitale umano importante. **In questo contesto, l'associazionismo diventa uno strumento di innovazione sociale che si pone come obiettivo la creazione di spazi di scambio, rispondendo a una necessità che emerge dal basso, ma**

che fa fronte a sfide di livello macroscopico. Ad esempio, data la natura socio-tecnologica della transizione energetica, la necessità di facilitare scambi interdisciplinari fra attori di realtà differenti, è riconosciuta come una reale priorità cui i programmi accademici tradizionali fanno fatica a trovare una risposta. Un sondaggio pubblicato dall'Associazione delle Università Europee riguardo la ricerca e l'educazione nelle aree del piano strategico per le tecnologie energetiche (SET-Plan), ha riscontrato come nonostante il panorama accademico europeo sia ricco di iniziative, la ricerca multidisciplinare rappresenta più un'eccezione che la regola. Inoltre, con discipline tecniche sempre più specializzate e problematiche complesse quali la transizione energetica, aumenta sempre più la domanda per risorse umane con forti capacità collaborative. D'altra parte, attraverso iniziative di vario genere, 'rompendo' in qualche modo gli schemi, le associazioni riescono a dare origine a nuove forme



Training presso il Joint Research Center della Commissione Europea – Energy Policy Program della CommUnity by InnoEnergy (Bruxelles, ottobre 2019)

di comunicazione, non solo tra diversi settori, ma anche fra diverse generazioni. Così facendo, coloro che partecipano alle associazioni giocano un ruolo di facilitatori attivi fra attori altrimenti strutturalmente ‘disconnessi’, dando vita a collaborazioni trasversali, fondamentali all’implementazione del Green Deal Europeo. Tali iniziative, si rivelano quindi estremamente vantaggiose su due livelli: per attori esterni alle associazioni, in quanto beneficiari di nuove opportunità, ma anche per i protagonisti delle stesse, che sviluppano quelle competenze trasversali, o soft skills, sempre più richieste nel mondo del lavoro.

Il contributo delle associazioni

In ambito europeo, è presente una realtà variegata, costituita da iniziative nate da obiettivi e contesti diversi: **organizzazioni e associazioni universitarie nascono spontaneamente, spesso**

mosse esclusivamente da motivazioni interne come la necessità di trovare nuove modalità e spazi di condivisione, comunicazione e innovazione. Fra queste, a titolo di esempio, abbiamo scelto di presentare tre associazioni in ambito energetico di respiro europeo: si tratta di **Young Leaders in Energy and Sustainability (YES-Europe)**, dell’**Energy Policy Programme della CommUnity by InnoEnergy** e dell’**European Youth Energy Network (EYEN)**. **Young Leaders in Energy and Sustainability (YES-Europe)** nasce nel 2016 dall’iniziativa un gruppo di studenti del Politecnico di Losanna in Svizzera come organizzazione non profit con la visione di contribuire a una società in cui l’energia sia più sostenibile, accessibile e sicura – dove l’innovazione non venga frenata dalla mancanza di comunicazione fra aree di competenze verticali. I suoi membri si impegnano a ‘costruire’ una comunità di universitari e di giovani professionisti appassionati

al settore energetico, senza confini geografici di sorta. YES-Europe organizza eventi online e attività dal vivo quali la “Annual Conference” che si svolge ogni anno in una diversa città europea. Durante il periodo di lockdown, YES-Europe ha organizzato un workshop partecipativo in formato completamente digitale cui hanno partecipato 300 soggetti di 50 diversi paesi. Suddivisi in squadre e con il supporto di mentori, i partecipanti si sono messi in gioco per un periodo di 48 ore con l’obiettivo di collaborare all’individuazione di soluzioni e proposte innovative per una società post-COVID più sostenibile nelle tre macro-categorie: economia e politica, risorse naturali, società. Continuando a sperimentare con formati digitali, l’associazione ha organizzato un “Summer Camp” con tematica principale il Green Deal Europeo. Attraverso workshop e dibattiti, i partecipanti esplorano la complessità dei processi decisionali delle politiche europee e le diverse pro-

spettive degli attori coinvolti.

L'Energy Policy Programme della CommUnity by InnoEnergy

L'Energy Policy Programme della CommUnity by InnoEnergy nasce nel 2017 a fronte dell'interesse crescente verso tematiche legate alle politiche energetiche europee. Dopo una prima fase di organizzazione di eventi cui hanno partecipato personalità di rilievo, è stato realizzato un white paper con la visione dei giovani professionisti del settore a confronto con lo scenario delineato dalla Commissione Europea nel 2018. Recentemente, il gruppo si è focalizzato sulla promozione di workshop che possano contribuire alla transizione energetica a livello locale; in particolare, sfruttando la metodologia dello Scenario Exploration System, sviluppato dal Joint Research Centre della Commissione Europea, i membri del gruppo si stanno impegnando nella facilitazione del dialogo tra diversi stakeholder come municipalità, piccole imprese innovative e grandi imprese tradizionali, associazioni non governative e cittadini nel contesto locale - presupposto fondamentale per la realizzazione di progetti a lungo termine, fondamentali per la transizione energetica. Inoltre, durante il periodo di lockdown, il gruppo ha sviluppato una versione digitale, con focus sulle conseguenze del Covid-19 e gli impatti nella transizione energetica. Un'ulteriore area di attività consiste nel seguire gli sviluppi del Green Deal e organizzare conferenze online su tematiche chiave, come lo sviluppo del vettore idrogeno, il ciclo di vita delle batterie al litio e le centrali elettriche virtuali.

L'European Youth Energy Network

L'European Youth Energy Network (EYEN) è un'associazione no-profit emergente che si propone di raccogliere tutte le organizzazioni giovanili europee, universitarie e di professionisti che si occupano di energia e clima. Ideata per far fronte alla identificata mancanza di



Training presso il Joint Research Center della Commissione Europea – Energy Policy Program della CommUnity by InnoEnergy (Bruxelles, ottobre 2019)

coordinamento di iniziative locali e nazionali in ambito energetico nei vari stati membri europei, la missione del EYEN si basa principalmente su tre pilastri:

- **“Connettere”** istituendo un luogo virtuale d'incontro tra le organizzazioni e le istituzioni europee in modo da incentivare un maggior confronto, sia internamente che esternamente;
- **“Rappresentare”** attraverso la designazione di un gruppo eterogeneo di *European Youth Energy Representatives*, selezionati ogni anno dagli EU27. Questi rappresentanti dovranno partecipare attivamente alla creazione di piani d'azione nazionali in campo energetico in collaborazione con i propri governi, gettando le basi per un processo intergenerazionale di policy-making e facilitando il dialogo tra istituzioni locali, regionali, nazionali ed internazionali;
- **“Disseminare”** promuovendo la condivisione di *best practices*, training e competenze, dando risonanza ad azioni impattanti e concrete a carattere multidisciplinare.

Nonostante (al momento di redazione di questo articolo) il Network non sia ancora ufficialmente costituito, l'associazione è stata delegata dallo United

Nations Major Group for Children and Youth come Punto Focale Europeo per l'obiettivo di sviluppo sostenibile n. 7 - *Affordable and Clean Energy*. Per la sua costituzione sarà determinante un approccio dal basso e il contributo di tutte le organizzazioni coinvolte che sono state invitate a collaborare alla progettazione della sua struttura, alla composizione dello statuto e dei valori principali.

In conclusione, la creazione spazi e opportunità di partecipazione attiva che coinvolgano universitari e professionisti, è uno strumento di sensibilizzazione e implementazione necessario alla realizzazione del Green Deal Europeo. Invitiamo quindi i lettori a immaginare possibili sinergie fra le associazioni e i rispettivi contesti di appartenenza, universitari o professionali, per dar luogo a nuove collaborazioni di carattere multidisciplinare e intergenerazionale.

(*) *Silvia Binet*, Vice-presidente YES-Europe, *Marco Costa*, HR Manager Energy Policy Programme (CommUnity by InnoEnergy), *Federico Barbieri*, Regional Focal Point Europe SDG7 Youth Constituency (EYEN)

Idrogeno, batterie, economia circolare e digitalizzazione, le proposte ENEA per il Recovery Fund

Realizzare una **“Hydrogen Valley”** tutta italiana, dove sviluppare tecnologie innovative per la produzione, lo stoccaggio e gli usi finali dell'idrogeno; creare un centro di *High Performance Computing* per la simulazione avanzata e i big data nel settore energia; ideare **celle solari ad alta efficienza, parchi agrivoltaici** e dar vita a un **Centro Nazionale dell'Economia Circolare**. Sono alcuni degli obiettivi dei progetti presentati da ENEA nell'ambito delle proposte per la **“Recovery and resilience facility”** da sottoporre alla Commissione Europea, dopo l'analisi del Comitato Interministeriale per gli Affari Europei. Le proposte, 16 in tutto, suddivise in tre aree di intervento – transizione green, economia circolare e digitale e innovazione – sono state illustrate nel corso di audizioni informali delle Commissioni Attività produttive e Ambiente della Camera dei Deputati e sono state inserite dal Gabinetto del Ministero dello Sviluppo Economico nella tabella riepilogativa delle progettualità trasmesse dal Governo al Dipartimento delle Politiche Europee.

Nell'area **“Trasformazione digitale e innovazione”** le proposte riguardano la realizzazione di un centro di competenza HPC (High Performance Computing) per la simulazione avanzata e i big data nel campo dell'energia e la specializzazione intelligente del Paese e Made in Italy per la transizione verso processi produttivi digitalizzati e green. ENEA partecipa già agli sviluppi nel settore del calcolo ad alte prestazioni grazie **all'infrastruttura di calcolo CRESCO6**, in grado

di effettuare fino a 1,4 milioni di miliardi di operazioni matematiche al secondo (1.4 PetaFlops) che rappresenta, dopo il CINECA, la maggiore risorsa di supercalcolo a disposizione della comunità scientifica italiana.

Nell'area di **intervento Green – settore Energia** – sono state elaborate progettualità per la creazione di parchi agrivoltaici nei quali la funzione energetica, quella agricola e la dimensione sociale convivano in modo sinergico e virtuoso; per la realizzazione di una linea di produzione prototipale di **celle solari avanzate ad alta efficienza** con approcci eco-compatibili; per l'avanzamento della maturità tecnologica e l'implementazione di **processi di decarbonizzazione e valorizzazione del carbonio** applicati al settore siderurgico; per lo sviluppo sistemi modulari di **accumulo-idrogeno verde** da tecnologie innovative e di **filiera nazionale dell'idrogeno** e delle **batterie avanzate**.

In particolare, **nel settore Idrogeno** ENEA propone la realizzazione presso il proprio Centro di Ricerche della Casaccia di una **“Demo Hydrogen Valley”**, una **piattaforma dimostrativa polifunzionale di ricerca**, lo sviluppo, l'innovazione e la sperimentazione sulle tecnologie di produzione, stoccaggio ed usi finali dell'idrogeno; il progetto intende realizzare un “incubatore” di tecnologie e servizi legati all'intera filiera industriale dell'idrogeno come tecnologia abilitante per la transizione energetica. “La tecnologia dell'idrogeno è centrale in vista del processo di decarbonizzazione del nostro Paese. Come ENEA abbiamo elaborato un progetto che punta alla creazione di una piattaforma di ricerca e sviluppo, un incubatore di tecnologia che permetterà di coprire l'intera catena della produzione”, ha spiegato nel corso dell'Audizione **Giorgio Graditi, direttore del dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili** di ENEA. Un altro obiettivo strategico riguarda la nascita di una filiera nazionale ed europea per le batterie innovative e la sostenibilità dei relativi cicli produttivi e d'uso. La proposta ENEA è di dar vita ad una **Advanced Battery Lab**, ossia una piattaforma flessibile e multifunzionale dove realizzare





l'intero processo produttivo, dalla sintesi dei materiali alla realizzazione delle batterie, dalla gestione ottimizzata del fine vita al riciclo dei sistemi di accumulo. Al riguardo si evidenzia l'**Italian Battery Alliance (IBA)**, recentemente istituita sotto l'egida del MiSE con un ruolo di coordinamento ENEA, che si pone come una piattaforma mirror rispetto alle iniziative europee, 'industry driven' e aperta ai diversi stakeholder della catena del valore delle batterie.

Sul fronte della sostenibilità, l'ENEA ha proposto la realizzazione, insieme a ISPRA, del **Centro Nazionale dell'Economia Circolare** che, "mettendo a sistema le competenze già esistenti in ENEA e ISPRA, sia una cabina di regia e possa monitorare gli impatti dell'economia circolare sul territorio", ha sottolineato **Roberto Morabito, direttore del dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali** di ENEA. "A questo si collega anche la proposta di costituire un 'hub' per lo sviluppo di tecnologie e processi a 360 gradi

per il recupero, la riqualificazione e il riutilizzo di materie prime seconde, in grado di fornire alle imprese tutti gli strumenti per la transizione e di funzionare anche da piattaforma per la sperimentazione aperta e in modo congiunto tra il pubblico e il privato", ha aggiunto.

Per quanto concerne la **riqualificazione di aree industriali**, l'Agenzia ha proposto un progetto pilota di riposizionamento competitivo in chiave sostenibile e circolare per l'area di Taranto mentre per le filiere il contributo è relativo alla messa a disposizione, nelle regioni del Mezzogiorno, di strumenti per migliorare la competitività di imprese e reti di imprese, del Made in Italy con particolare riferimento alle PMI. Infine, una proposta riguarda anche la **riqualificazione territoriale con il Progetto Mediterraneo sostenibile** dedicato ai Porti del futuro e alle comunità del mare circolari e focalizzato sulla gestione integrata delle risorse, le filiere ittiche innovative, le nuove professionalità e i nuovi modelli di business dell'economia blu.

Le interviste

Un piano di azione strutturato per una ripresa sostenibile

Oggi, per crescere, un'azienda deve necessariamente essere sostenibile, non soltanto rispetto all'ambiente – che è un prerequisito – ma ricercando costantemente le migliori condizioni produttive per ridurre la necessità di risorse da impiegare, rinnovabili e non. In questa sfida, è fondamentale il ruolo della ricerca così come una visione pragmatica e non ideologica da parte della politica che deve saper individuare obiettivi sfidanti e realistici da perseguire in maniera olistica e non settaria. E indicare un Piano di azione strutturato per la ripresa sostenibile farà giustizia di una serie di posizioni ideologiche che non aiutano una valutazione complessiva e pragmatica di questidue temi.



Intervista a **Alberto Bombassei**, *Presidente della Brembo*

La transizione energetica con obiettivo emissioni zero è uno dei pilastri del Green New Deal, il Piano da 1000 miliardi di euro per trasformare in chiave sostenibile l'economia UE. Lo sviluppo di fonti rinnovabili, di tecnologie innovative e 'pulite' e l'efficientamento energetico sono al centro del Recovery Fund per rilanciare la crescita dopo l'emergenza COVID-19. Tuttavia, autorevoli esponenti del settore denunciano il rischio che in nome della ripresa economica si possa mettere in secondo piano la tutela ambientale. Lo abbiamo chiesto ad Alberto Bombassei, presidente di Brembo, azienda leader a livello internazionale nel settore mobilità/automotive/della produzione di impianti frenanti, in prima linea sul fronte dell'innovazione e della sostenibilità. Ing. Bombassei, intravede un rischio di rallentamento delle politiche per l'efficienza, il risparmio e la decarbonizzazione?

No, non vedo un rischio di questo tipo. Al contrario, credo che mai come ora dobbiamo tradurre in azioni concrete quanto abbiamo sin qui sentito in maniera quasi unanime dagli esperti e dai politici: sviluppo e sostenibilità non sono in antitesi e possono alimentar-

si virtuosamente a vicenda. È anche quanto sostiene con convinzione la Presidente della Commissione Europea, alla quale mi associo. Credo che indicare un piano di azione strutturato per la ripresa sostenibile farà giustizia di una serie di posizioni ideologiche che non aiutano una valutazione complessiva e pragmatica dei due temi. Ad esempio, la recente tragica pandemia ha ridato la corretta dignità ai materiali plastici e monouso, che sono state le barriere indispensabili contro il virus per tutto il personale sanitario e per quasi tre miliardi di abitanti sul pianeta. Il tema qui non è demonizzare la plastica, quando questa è utile o addirittura indispensabile per tutelare la salute, ma prevederne un corretto smaltimento e riciclo. E nel contempo, continuare a studiare materiali di protezione biocompatibili e più facilmente compostabili o rigenerabili; qui, come in moltissimi campi, la ricerca è fondamentale. Per quanto riguarda il mio settore di attività, ovvero la mobilità, ripresa e sostenibilità devono andare a braccetto: un serio programma di rinnovo del parco circolante europeo che preveda lo smaltimento dei veicoli con livelli di emissioni fino ad Euro4 per i motori diesel e fino a Euro3 per quelli a benzina ridurrebbe rapidamente di oltre la metà lo



stock di emissioni di CO₂ grazie alle moderne tecnologie dei motori Euro6 e al contributo, ancora marginale per qualche anno, delle motorizzazioni elettriche e ibride. Io ho sempre pensato, nel mio essere imprenditore, che una azienda per svilupparsi debba necessariamente essere sostenibile, e questo termine comprende assai più della sostenibilità rispetto all'ambiente, che è un prerequisito ma che da solo non garantisce certo la vita di una impresa.

Brembo si è data un obiettivo di riduzione delle emissioni assolute di sostanze climalteranti del 19% entro il 2025. Con quali strategie e iniziative pensate di raggiungere questo target?

È un obiettivo realistico e che fa parte di un piano organico che vede Brembo impegnata verso sei degli obiettivi ONU di sviluppo sostenibile. L'obiettivo 13 (lotta al cambiamento climatico) non potrebbe essere raggiunto senza coinvolgere l'obiettivo 12 (consumo e produzione responsabili). E per promuovere piani concreti verso questi obiettivi, un'istruzione di qualità (obiettivo 4) è indispensabile per poter contare su col-

laboratori capaci e motivati a creare un mondo possibile e sostenibile. In concreto, si tratta di ricercare costantemente le migliori condizioni produttive che riducano la necessità di risorse da impiegare, sia rinnovabili che non. Ad esempio studiare processi produttivi più compatti, che limitino anche gli spostamenti interni dei materiali in lavorazione consente di ridurre la superficie necessaria dei capannoni industriali, con minore impatto per la loro costruzione, il loro mantenimento, il consumo di suolo e in generale le risorse per farli funzionare. Pensare 'lean', che tradurrei con 'leggero e agile' in ogni ambito del nostro agire in azienda ci porta naturalmente verso questi obiettivi, che anche i nostri importanti clienti oggi dimostrano di valutare ed apprezzare assai più che in passato.

Perché un'azienda che non opera direttamente in questi settori ha scelto di dotarsi di una direzione ambiente ed energia e di coinvolgere i propri dipendenti sui temi della sostenibilità anche attraverso campagne di comunicazione e formazione?

Nella mia ormai lunga esperienza di imprenditore ho

sempre considerato che la vita privata e quella lavorativa non sono tra loro impermeabili, ma che vi è una osmosi naturale e che può e deve portare ad un miglioramento complessivo della soddisfazione e della qualità della vita dei nostri collaboratori. E quindi il coinvolgimento aziendale sui temi della sostenibilità nei tanti gesti che compiamo in azienda è semplicemente il riconoscere l'importanza che la cura del nostro pianeta ha nella vita di ognuno di noi, sia al lavoro che nella nostra vita a tutto tondo.

Veniamo allo scenario nazionale sul fronte del Green New Deal e della transizione energetica. Quali opportunità e punti di forza per il nostro Paese e quali eventuali criticità?

Credo che il nostro Paese abbia una naturale vocazione all'uso e al riuso intelligente delle materie prime e seconde delle quali non disponiamo ma che sappiamo impiegare in maniera creativa. La cultura tecnica italiana di approccio ai problemi ed alla loro soluzione è mediamente assai più efficiente di quella di molti altri Paesi, e sappiamo fare di più con meno. Questo, mi creda, è uno degli insegnamenti della mia vita di imprenditore e lo posso affermare a buon titolo, conoscendo il mondo industriale nei diversi continenti. A questa capacità e inclinazione si contrappone una pesantezza burocratica e procedurale ormai insostenibile e ingiustificabile, nel mondo che avanza rapidamente, e si aggiunge anche una visione politica dirigista e troppo ideologica, che non comprende i sentieri virtuosi che potremmo e dovremmo percorrere al di là dei proclami e degli obiettivi sbandierati. Se qualche lettore pensa che stia esagerando cito solo un numero: 15, che sono i miliardi di euro che ogni anno cittadini e imprese in Italia pagano di tasca propria per sovvenzionare la produzione elettrica da fonti rinnovabili, che per quanto riguarda il fotovoltaico ha fatto ricchi e felici i nostri amici cinesi, produttori di oltre il 95% dei pannelli solari di prima generazione e mediamente inefficienti sui nostri tetti.

Una recente analisi ENEA evidenzia che dal 2015 in poi la posizione competitiva dell'Italia negli scambi internazionali delle tecnologie energetiche low-carbon sta peggiorando. A fine 2019 l'indicatore ha segnato -0,53 in media, con picchi negativi di -0,97 per veicoli ibridi, -0,89 quelli elettrici

e un saldo negativo di 1,53 miliardi di dollari sulla bilancia commerciale. È possibile invertire questa tendenza? E con quali azioni?

Confesso di non conoscere questa specifica analisi, ma non mi sorprenderei se il 'paniere' considerato delle tecnologie 'low carbon' non fosse completo. Mi spiego meglio: il fatto che la mia, come molte altre aziende nel nostro Paese, investe somme ingenti in R&S per ridurre l'impatto ambientale e le emissioni di CO₂ dei propri processi e nei prodotti che poi esporta non credo sia pienamente valutato. Non vorrei, ad esempio, che nel conteggiare il valore di un'auto elettrica americana importata non si tenesse conto di quanti componenti italiani, leggeri ed efficienti, sono assemblati sulla stessa e precedentemente esportati. E non parlo solo dei freni, che ovviamente conosco direttamente, ma anche di componenti essenziali del

“far convergere enti di ricerca e impresa, mondi che collaborano ancora troppo poco”

motore elettrico e del sistema di regolazione della potenza, solo per citarne alcuni. Il valore di ogni veicolo per circa l'80% è rappresentato dai suoi componenti. E in Italia non abbiamo grandi produzioni di veicoli, anche elettrici, ma ottime aziende produttrici di componenti, anche per veicoli elettrici. Dobbiamo chiedere un adeguato riconoscimento normativo per lo sviluppo della nostra filiera automotive e della mobilità a partire dai componenti, promuovendone la ricerca e la produzione.

Fra i temi più dibattuti del momento c'è l'auto elettrica. In passato lei ha richiamato l'attenzione sui possibili impatti sociali con particolare riferimento alla perdita di posti di lavoro.

Certamente nel periodo di transizione dai motori a combustione interna verso quelli elettrici circa un terzo degli occupati dalla nostra industria potrebbe perdere il proprio lavoro. Sto parlando di circa 100.000

posti di lavoro italiani e di circa 3 milioni a livello europeo. Ed è per questo che quanto ho richiamato prima, ovvero visione pragmatica e non ideologica, individuazione di obiettivi sfidanti e realistici da perseguire in maniera olistica e non settaria è fondamentale. E questa è politica, con la P maiuscola, che deve vedere anche le aziende come soggetti e non oggetti della pianificazione del futuro della nostra società. E chi afferma che il rischio occupazionale non esiste poiché vi sono altre attività connesse all'elettrificazione della mobilità mente sapendo di farlo; è la storia che abbiamo sentito con i pannelli fotovoltaici cinesi: li abbiamo installati, ma non prodotti, e c'è una bella differenza di valore aggiunto e quindi di impiego e di lavoro.

In questo momento si parla molto anche di idrogeno: la Commissione Europea ha recentemente presentato una strategia per la promozione di questo vettore energetico e otto grandi gruppi europei, fra cui Enel, hanno dato vita ad un'alleanza per la produzione di idrogeno "rinnovabile" per decarbonizzare l'economia, creare occupazione e ridurre la dipendenza energetica. È una strategia condivisibile?

È certamente una strategia condivisibile, anche guardando a cosa succede nel mondo. Lo scorso giugno, i nostri amici tedeschi hanno approvato un piano di produzione di energia da 5.000 MW da idrogeno al 2030, e il Giappone sta testando in condizioni reali la possibilità di una 'società dell'idrogeno', con città pilota che utilizzano questo gas per tutti i fabbisogni energetici. Anche per i veicoli e la mobilità, l'idrogeno è più che una promessa. Occorre comunque uno sforzo enorme e urgente di ricerca di nuove modalità più efficienti dal punto di vista del bilancio energetico nell'ottenimento dell'idrogeno dall'elettrolisi dell'acqua. Questo è a mio avviso attualmente il punto debole di questa promettente tecnologia. E anche in questo campo il nostro Paese ha grosse competenze che dovrebbero essere adeguatamente valorizzate e ulteriormente sviluppate da un lungimirante piano energetico nazionale che colga appieno questa possibilità.

Ricerca e innovazione vengono ritenuti essenziali per la transizione energetica. Nella sua esperienza di innovatore, anche come ideatore del Parco tec-

nologico Kilometro Rosso, uno dei più importanti centri di ricerca nazionali, le imprese italiane investono a sufficienza in questa direzione?

Certamente no, a mio avviso. E credo che questo dipenda da situazioni contingenti e culturali che non facilitano lo sviluppo di una attitudine positiva e diffusa nei confronti della ricerca. Le nostre aziende sono mediamente di dimensione troppo limitata per poter affrontare impegnativi programmi pluriennali di ricerca con le loro forze. E la cultura imprenditoriale media in Italia privilegia l'affinamento evolutivo delle competenze e delle produzioni, siamo dei maestri in questo, piuttosto che ricerca vera e propria di soluzioni realmente innovative. Anche la connotazione culturale dell'eventuale fallimento di una iniziativa od impresa credo che costituisca un limite.

Nel corso della sua attività parlamentare lei è stata fra i firmatari della proposta di Legge Capua sull'utilizzo di strumenti di finanziamento di attività di ricerca, avvicinando il sistema italiano a quello degli altri Paesi europei. Di che cosa avrebbe bisogno oggi, secondo lei, la ricerca italiana? Che cosa servirebbe per rafforzare e far realmente decollare la collaborazione/incontro fra mondo della ricerca e quello delle imprese?

Servirebbe guardare a cosa già fanno i nostri partner europei, adattandolo dove serve. Credo che occorra avere il coraggio di defiscalizzare pienamente l'attività di ricerca in Italia, creando un meccanismo simile al 'patent box' che ha ben funzionato, e denominandolo 'innovation box'. Poter maturare dei crediti fiscali dalla collaborazione con enti di ricerca ed università è un altro modo per fare convergere due mondi che hanno molto da trasmettersi e che ancora collaborano troppo poco. Anche alcuni atteggiamenti culturali vanno modificati, sia da parte dell'impresa che da parte dell'ente di ricerca. E io sono orgoglioso di un tratto di strada fatto insieme ad ENEA in questa direzione: il Kilometro Rosso infatti si appresta ad accogliere due importanti laboratori nei quali gli specialisti e ricercatori di ENEA potranno trasferire le loro conoscenze e ricerche al tessuto imprenditoriale del nostro territorio, e al contempo ricevere stimoli e comprendere bisogni che potranno alimentare le future attività, in uno scambio virtuoso.

Innovazione, sostenibilità, decarbonizzazione: per Enel una sfida da 14 miliardi

La transizione energetica è una grande opportunità per creare ricchezza e nuova occupazione e per arrivare al miglioramento della società e della qualità della vita in generale. Ma per raggiungere questo obiettivo occorre essere umili, aperti al cambiamento e a rinnovarsi. Servono sinergie, tanta innovazione ed è essenziale che transizione e ripresa economica non siano percepite come in contrasto tra loro. In questo contesto, Enel ha deciso di fare della sostenibilità l'architrave di tutta la sua strategia e di investire oltre 14 miliardi per la decarbonizzazione nel prossimo triennio



Intervista a Ernesto Ciorra, Direttore Innovability Enel

La transizione energetica è uno dei pilastri del Green New Deal, il piano da 1000 miliardi di euro per trasformare in chiave sostenibile l'economia UE ed è anche al centro del Recovery Fund per rilanciare la crescita dopo l'emergenza COVID-19. Tuttavia, autorevoli esponenti del settore denunciano il rischio che si possa mettere in secondo piano la tutela ambientale in nome della ripresa economica. In questa intervista abbiamo chiesto a Ernesto Ciorra, Direttore Innovability dell'ENEL, se intravede questo rischio e perché.

Il processo di transizione energetica è in atto da tempo ed è impensabile che possa subire rallentamenti a causa delle conseguenze dell'emergenza sanitaria. Anzi, dobbiamo approfittare del nuovo contesto per accelerare il cambiamento. Finora l'Unione Europea si è mossa con grande determinazione, dapprima con il piano per finanziare la transizione verso un'economia più sostenibile e con meno emissioni nocive e da ultimo mettendo i temi ambientali al centro del Recovery Fund appena varato, con un terzo dei fondi destinati alle politiche ambientali e climatiche e alla digitalizzazione. Questa misura ci offre una grande opportunità, quella di alimentare con risorse significative il proces-

so di transizione energetica. Ecco perché la transizione energetica e la ripresa economica non devono essere percepiti in contrasto tra loro. Anzi. Gli ingenti investimenti green sono infatti fondamentali per il loro significativo impatto sul PIL, sull'occupazione e costituiscono una leva importante per favorire la ripartenza del Paese.

Veniamo allo scenario nazionale sul fronte del Green New Deal e della transizione energetica. Quali punti di forza per il nostro Paese e quali eventuali criticità?

Nonostante i significativi progressi fatti finora è arrivato il momento di proseguire con maggior forza per il raggiungimento di obiettivi più ambiziosi in termini di capacità da fonti rinnovabili, decarbonizzazione e digitalizzazione, per sfruttare al meglio le risorse liberate dall'Unione europea. La transizione energetica rappresenta una grande opportunità per creare ricchezza e nuova occupazione. Servono però sinergie e tanta innovazione. Enel ha deciso da tempo di mettere le questioni ambientali al centro della propria strategia: rinnovabili, efficienza energetica domestica e industriale ed economia circolare sono al centro di ogni nostra



Veduta aerea della ex centrale elettrica a combustibile di Porto Tolle, nel Delta del Po. La produzione elettrica è cessata nel 2015 ed ora è in corso la riqualificazione del sito per la sua trasformazione in un villaggio turistico innovativo

azione. Un esempio su tutti, la rete di distribuzione sui cui abbiamo investito in digitalizzazione e tecnologie smart, abilitatori della transizione energetica. A queste innovazioni lavoriamo in maniera aperta, collaborando con numerose startup, università prestigiose e con aziende leader mondiali dell'innovazione. Un modo per fare sistema e superare criticità come quelle del settore delle batterie, che pur rappresentando una delle tecnologie chiave per la transizione energetica deve rispondere a una filiera dominata da pochi produttori, per lo più cinesi, che verticalmente integrati, dominano anche l'estrazione dei metalli rari necessari.

Lei ripete spesso che la transizione energetica è un processo inevitabile, irreversibile, che ormai è cominciato, ma può essere un'opportunità per le imprese riposizionarsi e darsi nuovi obiettivi. Può farci qualche esempio?

Nel 2014, appena nominato Starace nuovo AD, Enel ha stralciato un piano di investimenti da miliardi di euro in generazione tradizionale e ha dirottato queste risorse sulle rinnovabili. Ora sembra l'unica cosa da fare, ma all'epoca ci presero per sognatori. Quella decisione ci ha permesso di essere oggi il più grande operatore privato al mondo di impianti rinnovabili e un front-runner nel mondo della transizione energetica.

La sostenibilità per noi è già l'architrave di tutta la nostra strategia finalizzata sia alla decarbonizzazione che alla elettrificazione dei consumi. Nel prossimo triennio investiremo 28,7 miliardi di cui 14,4 miliardi saranno destinati alla decarbonizzazione. Impianti di generazione convenzionale saranno sostituiti da impianti alimentati da fonti rinnovabili con l'obiettivo di ridurre la produzione globale da carbone del 75% rispetto al 2018 e superare, allo stesso tempo, il 60% delle rinnovabili sulla capacità totale. Quanto fatto da Enel dimostra che, per chi sa cogliere le opportunità offerte dalla transizione, questi investimenti generano ricchezza e non costi da recuperare. Per sfruttare le opportunità però dobbiamo essere umili, aperti al cambiamento e a rinnovarci.

Perché l'innovazione è una priorità?

Ci sono alcuni settori come quelli della telefonia o della moda dove, se non si fa innovazione, o si fa più lentamente, non nascono criticità che si ripercuotono sulla qualità della vita dei cittadini. Se invece non si innova il settore dell'energia, o quello farmaceutico o quello della biotecnologia medica, ci possono essere ripercussioni immediate sulla vita delle persone. E di questo noi ne siamo davvero consapevoli. Bisogna solo decidere di attuare il cambiamento. Provo a

spiegarlo con una metafora che uso spesso. Ogni due ore cambiamo tutta la pelle delle nostre labbra, ogni 20 giorni quella del corpo e ogni 15 anni tutte le cellule del sistema scheletrico. L'essere umano si rinnova continuamente con l'apoptosi, che si distingue dalla necrosi, la morte cellulare: l'apoptosi è il rinnovamento deliberato delle cellule, per mutarsi e affrontare i cambiamenti. Se lo fa il corpo umano perché non dovrebbero farlo le aziende?

Una recente analisi ENEA evidenzia che dal 2015 in poi la posizione competitiva dell'Italia negli scambi internazionali delle tecnologie energetiche low-carbon sta peggiorando. A fine 2019 l'indicatore ha segnato -0,53 in media, con picchi negativi di -0,97 per veicoli ibridi, -0,89 quelli elettrici e un saldo negativo di 1,53 miliardi di dollari sulla bilancia commerciale. È possibile invertire questa tendenza? E con quali azioni?

Il nostro sistema industriale non sta tenendo il passo con l'innovazione richiesta per raggiungere la transizione ecologica, e questo porta a una crescente dipendenza dall'estero. Se si vuol fare davvero innovazione tecnologica bisogna aprire alle menti esterne. Immaginare che i ricercatori interni ad un'azienda, benché preparati e numerosi, possano da soli assolvere a questa immensa scommessa con il futuro sarebbe un errore. Per questo come Enel abbiamo cercato di intercettare la mentalità di questi innovatori e creatori di start up sapendo che loro non hanno come primo obiettivo, quello di accumulare ricchezza – se ciò fosse avrebbero fatto scelte diverse – ma di costruire un futuro migliore, più equo ed equilibrato, per il pianeta. E chi ha questa visione non collaborerebbe mai con una società che non sceglie un percorso di sostenibilità. E in questo mi sembra che stiamo facendo un gran lavoro, visto che recentemente il rapporto internazionale "Change the World" di *Fortune* che ci ha indicato come l'azienda numero venti tra quelle che stanno cambiando il pianeta, cioè tra quelle con maggior capacità innovativa e di sostenibilità. Io penso che l'innovazione tecnologica in un'azienda vada gestita attraverso rapporti con le start up, con i partner, con i centri ricerca, lo stimolo delle risorse interne e la soppressione della stigmatizzazione del fallimento come un'onta personale incancellabile, sostituendola con la cultura aperta al fallimento come

strumento di apprendimento necessario e inevitabile per chi prova a cambiare le cose.

Fra i temi più dibattuti del momento c'è l'auto elettrica. Una grande opportunità o c'è il rischio di ripetere gli errori fatti con il fotovoltaico, ovvero di non dare vita ad una filiera nazionale?

L'auto elettrica moderna è molto più di una vettura tradizionale. Per questo la catena del valore è diversa, include i produttori di batterie, dei sistemi digitali di intrattenimento, di sicurezza, le componenti software, per la ricarica e così via. Se questo mette in crisi i produttori tradizionali, apre opportunità ad operatori di altri settori. Tenendo presente questo, è chiaro che le vetture elettriche non sono solo un'opportunità per abbattere l'inquinamento nei centri urbani. Presto, diventeranno componenti fondamentali nella gestione del sistema elettrico. Già oggi, tramite la tecnologia V2G – Vehicle to Grid, è possibile non solo ricaricare l'auto elettrica utilizzando energia rinnovabile, azzerando in questo modo le emissioni, ma anche restituire parte di questa energia alla rete nei momenti di picco di domanda. Sebbene il concetto di V2G sia stato sviluppato ben 25 anni fa da un professore americano, Enel è stata la prima azienda al mondo ad avviare un progetto commerciale. Se analizziamo questo

“rinnovabili, efficienza energetica domestica e industriale ed economia circolare sono al centro di ogni azione di Enel,”

esempio, vediamo che sono necessari un software che consenta all'auto di caricarsi e scaricarsi, ottimizzando la gestione della batteria e preservando l'autonomia, un hardware che fisicamente consenta questo flusso di energia e una piattaforma digitale che connetta le varie batterie delle auto alla rete. Quante filiere industriali possono inserirsi nella fornitura di questo servizio? In Italia abbiamo le tecnologie e abbiamo le competenze e dobbiamo far diventare il nostro un Paese attrattivo per la mobilità elettrica.

Ma è importante che la filiera industriale compia un passo avanti. Ora è un po' slegata, anche per via della sua classica impostazione con tante piccole e medie imprese che non sempre seguono una cultura collaborativa. Le dimensioni contenute delle aziende di componentistica, inoltre, sono la prima causa della mancanza di liquidità e della carenza degli investimenti in ricerca e sviluppo per l'intero comparto. E finché il grande attore non si muoveva – FCA, che ha annunciato modelli elettrici per il 2020 – il resto della filiera stava fermo. Serve un piano per riconvertire una parte dell'industria *automotive* nazionale.

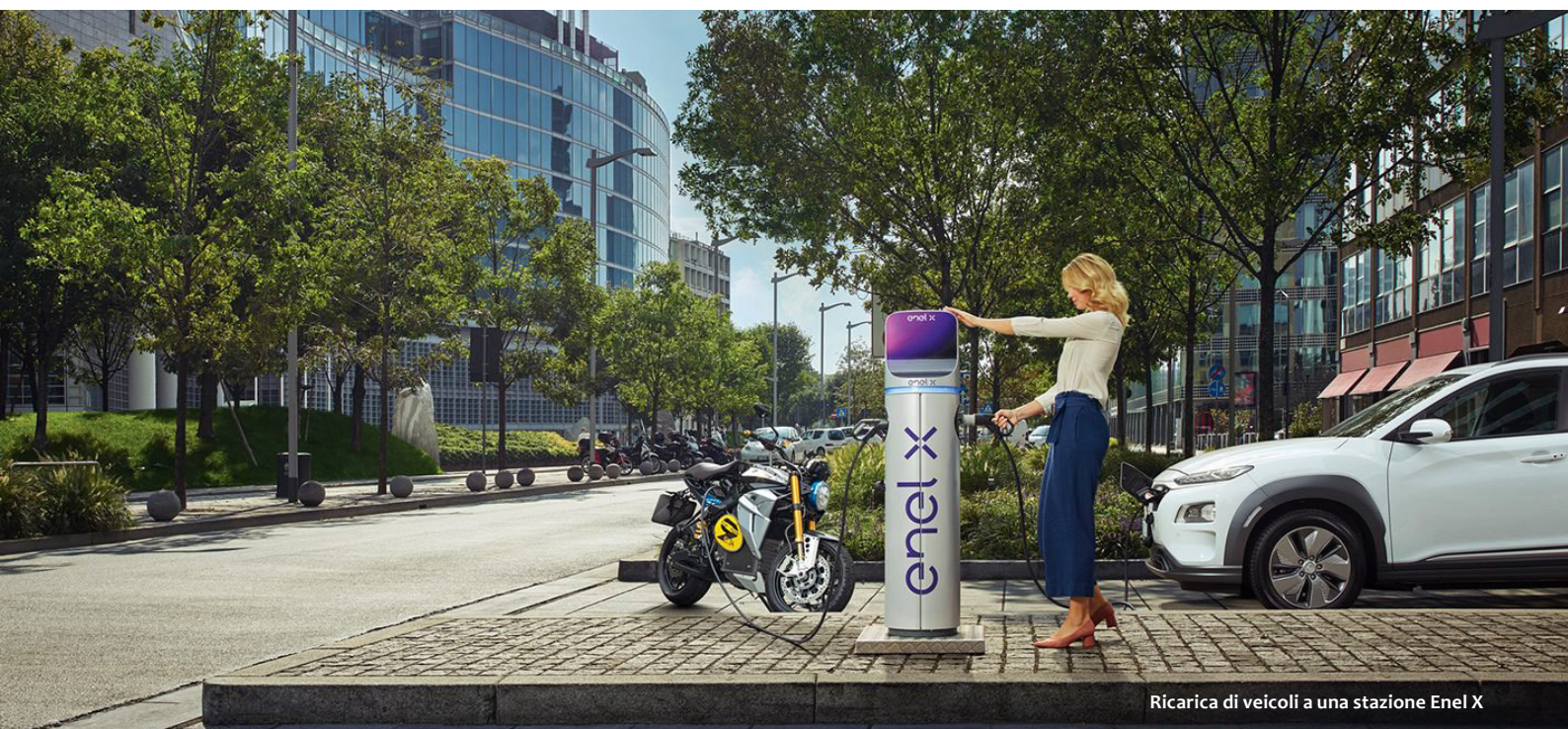
In questo momento si parla molto anche di idrogeno. La Commissione Europea ha recentemente presentato una strategia per la promozione di questo vettore energetico, la Germania ha approvato un piano di investimenti da 9 miliardi per diventare leader mondiale dell'idrogeno e otto grandi gruppi europei, fra cui Enel, hanno dato vita ad un'alleanza per la produzione di idrogeno "rinnovabile" per decarbonizzare l'economia, creare occupazione e ridurre la dipendenza energetica. Perché è di così grande rilievo l'idrogeno?

L'elettificazione dei consumi è lo strumento principale della decarbonizzazione della nostra economia. Esistono tuttavia settori, i così detti *hard-to-abate*, dove le

caratteristiche tecniche dei processi industriali rendono l'elettificazione diretta non sufficiente. In questi settori come ad esempio l'acciaio, la produzione di ammoniaca, il trasporto a lungo raggio, l'idrogeno può essere il complemento giusto per la decarbonizzazione, a patto che sia prodotto senza emissioni, ovvero tramite l'elettrolisi e l'utilizzo di energia rinnovabile. Attualmente, purtroppo, non è questo il caso: la quasi totalità dell'idrogeno commercializzato viene prodotto sfruttando gas e carbone, generando emissioni pari a quelle di Gran Bretagna e Indonesia messe insieme. La CCS (Carbon Capture & Storage) è una tecnologia matura che ad oggi non ha portato i risultati necessari e che soprattutto presenta fortissimi problemi di accettazione sociale. In sostanza, l'idrogeno è una delle soluzioni della transizione energetica solo se è verde. Da qui l'importanza di rendere competitiva l'elettrolisi e dell'alleanza di cui Enel fa parte, per indirizzare la ricerca e gli investimenti che UE e Stati metteranno a disposizione.

Ricerca e innovazione vengono ritenuti essenziali per la transizione energetica. A suo giudizio le imprese italiane investono a sufficienza in questa direzione? Che cosa servirebbe per rafforzare e far realmente decollare la collaborazione/incontro fra mondo della ricerca e imprese?

Nessuna azienda, per quanto grande, ha da sola le ca-



Ricarica di veicoli a una stazione Enel X

pacità necessarie. Il gruppo Enel ha quasi 70.000 persone, ma sapete quanti lavorano in innovazione? Più di 500.000! Questo perché innovano con noi startup, inventori, ricercatori, università, ONG, clienti e fornitori. Il 70% dei progetti innovativi degli ultimi quattro anni in Enel è stato fatto con idee esterne. Esempi sono la startup israeliana con cui abbiamo sviluppato droni per fare ispezioni alle nostre centrali, che ora ha commesse per Enel in tutto il mondo, oppure ancora Nozomi Networks, che ci ha permesso di difendere le nostre centrali da attacchi cyber, ha disegnato con noi le proprie soluzioni ed ora è leader mondiale attivo in oltre quaranta Paesi. Quando è venuta da noi

“innovano con noi startup, inventori, ricercatori, università, ONG, clienti e fornitori. O sei umile e accetti di farti aiutare, o muori,,

5 anni fa, non fatturava nemmeno un euro. Le code, nei negozi Enel, non si fanno da tempo grazie all'app della startup Youfirst, che abbiamo adottato 5 anni fa. Altre aziende che hanno deciso di sviluppare all'interno questa tecnologia ci hanno messo anni e sono stati colti impreparati per l'emergenza. Se non fossimo cambiati prima, oggi non saremmo in grado non solo di tenere circa la metà delle persone in smart working, ma di fare sessioni di training con realtà virtuale, fare *site visit* virtuali con i nostri fornitori, leggere i contatti da remoto e così via. È un problema culturale: o sei umile e accetti di farti aiutare, o muori. Il manager

deve esternare il suo bisogno, non deve dire come risolverlo, ma farsi consigliare da realtà più piccole, con umiltà. Così come umile deve essere la startup che deve essere pronta a studiare con te la soluzione migliore al problema, che a volte non è quella già sviluppata, ma è da modificare.

Un'ultima domanda. Nel Green New Deal si sottolinea molto il tema dell'equità, dell'inclusione e si prevede un 'Just transition fund'. Perché mettere insieme equità e sostenibilità?

Sostenibilità sociale e ambientale sono inscindibili. È fondamentale che le istituzioni cerchino di coniugare la lotta al cambiamento climatico con una società più inclusiva e a tal fine accelerare la transizione verso un'economia a emissioni zero che crei nuovi posti di lavoro catalizzando l'impiego sostenibile del capitale privato. La Commissione Europea da questo punto di vista sta facendo un buon lavoro, perché il Green New Deal è accoppiato al Just Transition Fund, che mette a disposizione risorse per superare quelle resistenze alla transizione energetica cui vanno aggiunte quelle altrettanto fondamentali per la digitalizzazione. L'Europa da sola non può bastare. Fortunatamente stanno arrivando segnali importanti anche dagli Stati Uniti, dove per la prima volta dopo 134 anni le rinnovabili hanno superato il carbone per energia consumata. Anche la Cina ha avviato uno dei più intensi piani di decarbonizzazione delle città, seguita dall'India. Per quanto ci riguarda, abbiamo identificato il nostro *purpose* nel dare energia ad un progresso sostenibile. Il progresso, diceva Pasolini, si differenzia dallo sviluppo, perché mentre il secondo guarda solo agli indicatori economici, il primo include un miglioramento della società e della qualità della vita in generale.

La transizione energetica sia un grande ‘cantiere’ di crescita economica e sociale

Il mondo si sta inesorabilmente avviando verso la quarta rivoluzione industriale e la transizione energetica deve diventare un grande ‘cantiere’: il ‘cantiere della transizione’, una grande priorità per l’Italia, sulla quale investire tempo, risorse e definire procedure semplificate per chi vuole investire. In questo contesto, occorre ‘guidare’ le imprese all’utilizzo delle risorse disponibili per l’avvio di progetti che daranno i loro frutti nei prossimi anni. E, per la mappatura e il potenziale sviluppo delle innovazioni tecnologiche, il ruolo di soggetti come ENEA è di fondamentale importanza



Intervista a Pierroberto Folgiero, Amministratore Delegato di Maire Tecnimont e di NextChem

La transizione energetica è uno dei pilastri del Green New Deal, il Piano da 1000 miliardi di euro per trasformare in chiave sostenibile l’economia UE ed è anche al centro del Recovery Fund per rilanciare la crescita dopo l’emergenza COVID-19. Tuttavia, autorevoli esponenti del settore denunciano il rischio che si possa mettere in secondo piano la tutela ambientale in nome della ripresa economica. In questa intervista abbiamo chiesto a Pierroberto Folgiero, Amministratore Delegato di Maire Tecnimont, gruppo industriale leader in ambito internazionale nella trasformazione delle risorse naturali e attivo con la controllata NextChem nelle tecnologie a supporto della transizione energetica, se intravede questo rischio e perché.

Rispondo con franchezza. Intravedo il rischio, ma ritengo che ciò non accadrà. Penso che sia ormai giunto a maturazione un – provo a chiamarlo così – *wishful thinking* che porta tutti coloro che si occupano di questi temi, dall’industria alle istituzioni e ritorno, a pensare che l’era dell’*oil&gas* abbia iniziato la sua parabola di trasformazione. Gli investimenti nell’*oil&gas* non sono più “attraenti”, gli analisti finanziari danno rating molto più alto ai progetti di innovazione nel set-

tore *non-fossil*: ci potranno essere rallentamenti, aree di resistenza, ma tutto il mondo si sta avviando inesorabilmente verso la quarta rivoluzione industriale, che lo si voglia o no.

Veniamo allo scenario nazionale sul fronte del Green New Deal e della transizione energetica. Quali punti di forza per il nostro Paese e quali eventuali criticità?

Il nostro Paese ha un bisogno impellente di sbloccare alcuni meccanismi arrugginiti e tornare a far girare la linfa vitale degli investimenti locali, che danno ricchezza al territorio e creano competenze, know how e forza competitiva. Bisogna fare in modo che la transizione energetica divenga un grande “cantiere”, il “cantiere della transizione”: ci vuole, come in tutti i cantieri, un direttore, regole speciali, procedure definite, persone dedicate. Questa deve diventare una priorità per l’Italia, occorre investire tempo e risorse nelle fondamenta di questo cantiere, a partire dal definire delle procedure semplificate per chi decide di investirvi.

Lei ripete spesso che la transizione energetica è un processo inevitabile, irreversibile, che ormai è



cominciato, ma può essere un'opportunità per le imprese riposizionarsi e darsi nuovi obiettivi. Può farci qualche esempio? E la nascita di NextChem va in questa direzione?

Certo, NextChem è nata proprio da questa intuizione, dalla voglia di darci nuovi obiettivi, posizionarci su un mercato per noi promettente, quello delle tecnologie per l'economia *low-carbon* e circolare. Ogni azienda dovrebbe cogliere questa occasione. Il business cresce dove c'è innovazione, l'innovazione cresce dove ci sono nuovi paradigmi da esplorare. È questo il caso.

Una recente analisi ENEA evidenzia che dal 2015 in poi la posizione competitiva dell'Italia negli scambi internazionali delle tecnologie energetiche *low-carbon* sta peggiorando. A fine 2019 l'indicatore ha segnato -0,53 in media, con picchi negativi di -0,97 per veicoli ibridi, -0,89 quelli elettrici e un saldo negativo di 1,53 miliardi di dollari sulla bilancia commerciale. È possibile invertire questa tendenza? E con quali azioni?

A mio avviso è possibile. Ma occorrono alcuni ingredienti: la capacità delle imprese di fare sistema, di spingere accordi di filiera, di portare avanti piattaforme congiunte di ricerca e di studio; la capacità delle istituzioni di saper sostenere l'innovazione su questo settore. Oggi stiamo assistendo a una proliferazione

di annunci relativi alla disponibilità di risorse finanziarie per il Green Deal, ma le assicuro che destreggiarsi nella giungla di questi flussi di finanziamenti non è facile neppure per una grande azienda come la nostra. Bisogna guidare le imprese ad utilizzare le risorse disponibili per la messa a terra di progetti che daranno certamente i loro frutti nei prossimi anni. Il ruolo di soggetti come ENEA nella mappatura delle innovazioni tecnologiche e del loro potenziale di sviluppo è di fondamentale importanza.

Fra i temi più dibattuti del momento c'è l'auto elettrica. Una grande opportunità o c'è il rischio di ripetere gli errori fatti con il fotovoltaico, ovvero di non dare vita ad una filiera nazionale?

Quella dell'auto elettrica è stata un po' una corsa in avanti e alla fine potrebbe non facilitare l'industria italiana e la filiera europea... Credo che l'auto elettrica sia un'opportunità per il trasporto leggero, ma nonostante l'intensità e la penetrazione delle rinnovabili nel nostro Paese, c'è da capire come alimentare tutta la domanda. Certo, attualmente non è pensabile portare ad elettrico il trasporto pesante e in parallelo occorre sviluppare la tecnologia delle batterie e quella dei sistemi di ricarica e, parimenti, va consolidata la filiera del riciclo delle batterie stesse per consentire il recupero e il riutilizzo di materie prime preziose come il litio, di cui l'Italia non dispone.

In questo momento si parla molto anche di idrogeno: la Commissione Europea ha recentemente presentato una strategia per la promozione di questo vettore energetico e otto grandi gruppi europei, fra cui Enel, hanno dato vita ad un'alleanza per la produzione di idrogeno 'rinnovabile' per decarbonizzare l'economia, creare occupazione e ridurre la dipendenza energetica. È una strategia condivisibile?

Lo è certamente; noi stessi abbiamo elaborato una strategia sull'idrogeno, nessuno oggi si sogna di non contemplare l'idrogeno tra i carburanti del futuro. Noi abbiamo in portafoglio diverse tecnologie per la produzione di idrogeno; tra quelle a cui puntiamo di più ci sono il *green hydrogen* da elettrolisi da energia rinnovabile e il *circular hydrogen* ottenuto da gas di sintesi circolare, ovvero il prodotto della nostra tec-

“sbloccare meccanismi arrugginiti e far girare la linfa vitale degli investimenti locali”

nologia *waste to chemicals*, che si basa sulla conversione chimica di plasmix, la Carbon Capture and Storage (CCS) e la frazione secca dei rifiuti. Io penso che il nostro *circular hydrogen* sia la vera “staffetta” per arrivare alla produzione di idrogeno verde a costi competitivi.

Un tema ricorrente è anche quello della finanza sostenibile. Che ruolo può avere nella transizione energetica?

La finanza è alla ricerca di investimenti profittevoli e sicuri, ovvero resilienti. Oggi i progetti industriali green iniziano ad essere profittevoli, i nostri progetti lo sono. E sono sicuri, ovvero resilienti, perché sono più legati alle economie nazionali, alle risorse locali, più in grado di resistere a shock come quello che abbiamo vissuto quest’anno. Sono interventi infrastrutturali meglio accolti dalle popolazioni e che si inseriscono meglio nel territorio dal punto di vista degli impatti. Se è questo, il senso della finanza sostenibile, beh, gli ingredienti ci sono già tutti.

Ricerca e innovazione vengono ritenuti essenziali per la transizione energetica, e non solo. Nella sua esperienza di innovatore, le imprese italiane investono a sufficienza in questa direzione? Che cosa servirebbe per rafforzare e far realmente decollare la collaborazione/incontro fra mondo della ricerca e quello delle imprese?

C’è già molto scambio tra mondo della ricerca e mondo delle imprese. Noi stessi, che siamo industrializzatori di innovazione, collaboriamo da sempre mol-

tissimo con università e centri ricerca, partecipiamo a molti progetti europei e nazionali insieme a enti di ricerca (tra cui ENEA). Siamo anche all’interno di piattaforme di *open innovation*, perché crediamo che vadano intercettate tutte le energie positive e le idee, per poi testarne l’applicabilità a livello pilota e su scala industriale.

Un’ultima domanda. Nel Green New Deal si sottolinea molto il tema dell’equità, dell’inclusione e si prevede un ‘Just transition fund’. Perché mettere insieme equità e sostenibilità?

Perché equità e sostenibilità stanno insieme, sono legate da un diverso modo di concepire il fattore “tempo”, che contraddistingue il cambio di paradigma della transizione energetica. Le distorsioni che rendono non equi i sistemi economici sono prevalentemente legate alla massimizzazione dei risultati nel breve periodo. Nel momento in cui l’orizzonte temporale si allunga, qualsiasi organizzazione rischia di non sopravvivere ai meccanismi della massimizzazione del profitto a qualsiasi costo. Nel lungo periodo, le aziende devono dimostrare di saper costruire valore in modo non effimero ma sostanziale, nel rispetto di alcune regole, delle risorse ambientali e delle persone. Io sono convinto che la profittabilità degli investimenti e la leva economica siano e rimangano le leve di ogni vera transizione, ma non vi è dubbio che un’economia cosiddetta “sostenibile” lo debba essere sui tre pilastri dell’ambiente, dell’economia e della società. È per questa ragione che abbiamo ispirato la nostra policy di sostenibilità ai Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite e che abbiamo aderito al Global Compact. Su questa direttrice, che ci aiuta nell’impostazione della nostra strategia industriale e nella rendicontazione dei risultati, operiamo attraverso le nostre cinquanta società nel mondo con l’attenzione che si deve alle comunità locali, ai diritti umani, alla *diversity*, ai nostri stakeholder. Credo che la direzione non possa che essere questa.

Un Green New Deal roosveltiano per la ripresa del Paese

Per il rilancio post-COVID penso ad un Green New Deal ispirato al modello roosveltiano degli anni '30 negli Stati Uniti: un gigantesco programma di opere civili per la messa in sicurezza del territorio, fondato sulla rigenerazione delle matrici ambientali per il risanamento dei suoli, il recupero dei territori inquinati, il contrasto al dissesto idrogeologico e la rigenerazione urbana. Solo investendo nella direzione della sostenibilità, sulla tutela e la valorizzazione del territorio e sulla ricerca, è possibile una ripresa del Paese. E le basi per questa ripresa all'insegna della sostenibilità ambientale e sociale, le abbiamo gettate con la Legge di Bilancio 2019, il DEF 2020 e il DL Rilancio.



Intervista a Roberto Morassut, Sottosegretario al Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare

La transizione energetica con obiettivo emissioni zero è uno dei pilastri del Green New Deal, il Piano da 1000 miliardi di euro presentato nel dicembre 2019 per trasformare in chiave sostenibile l'economia UE. E lo sviluppo delle fonti rinnovabili, di tecnologie innovative e 'pulite' e l'efficientamento energetico sono al centro del Recovery Fund Next Generation EU per rilanciare la crescita dopo l'emergenza COVID-19. Tuttavia, da più parti, autorevoli esponenti del settore denunciano il rischio che in nome della ripresa economica post COVID-19 si possa mettere in secondo piano la tutela ambientale. Sottosegretario Morassut, secondo lei esiste questo rischio?

Non credo. Significherebbe frenare un processo che è già in atto e costringere il Paese ad una inversione di rotta dannosa e controproducente, verso un vecchio modello di sviluppo che è in crisi da tempo. Anzi, ritengo che i temi della sostenibilità ambientale e della lotta ai cambiamenti climatici, che erano in grande fermento già prima dell'emergenza sanitaria, ora abbiano visto un'accelerazione, anche in vista della ripresa post *lockdown*. Dobbiamo continuare sulla strada che avevamo intrapreso senza guardarci

alle spalle, sfruttando e rafforzando gli effetti positivi sull'ambiente del blocco forzato dei mesi scorsi. Solo investendo nella direzione della sostenibilità, sulla tutela e la valorizzazione del territorio e sulla ricerca, è possibile una ripresa del Paese.

In una recente dichiarazione lei ha evidenziato che il Green New Deal deve essere l'occasione per veicolare un modello di sviluppo alternativo basato su una strategia di economia circolare, su produzioni sostenibili e sul riutilizzo dell'esistente. Dal punto di vista operativo, come deve essere il Green New Deal italiano? Quali opportunità e punti di forza per il nostro Paese e quali eventuali criticità?

Il nostro Paese può avere grandi potenzialità se saprà incrociare la modernizzazione ecologica dei sistemi produttivi ed industriali sul patrimonio di civiltà, bellezza, creatività e sulle vocazioni di territori ad alta qualità ambientale che fanno la nostra forza. Credo che un programma di sostenibilità in Italia debba fondarsi sulla rigenerazione delle matrici ambientali a partire dal risanamento dei suoli, dal recupero dei territori inquinati, dal contrasto al dissesto idrogeologico

e dalla rigenerazione urbana. Penso ad un Green New Deal che prenda ispirazione dal modello roosveltiano degli anni 30 negli Stati Uniti: un gigantesco programma di opere civili per la messa in sicurezza di un territorio in cui occorre dighe, ponti, strade ma soprattutto interventi di messa in sicurezza dalle frane e dalle alluvioni, riforestazione di grandi territori per contrastare la desertificazione e le zone aride interne. Con la Legge di Bilancio 2019, il DEF 2020 e il DL Rilancio abbiamo gettato le basi per una ripresa all'insegna della sostenibilità ambientale e sociale, che sarà ancora più efficace con i prossimi provvedimenti in dirittura d'arrivo, dal recepimento delle quattro direttive europee per l'economia circolare al decreto "Semplificazioni", che interverrà su vari settori dell'ordinamento per alleggerire le procedure, semplificare passaggi burocratici e accorciare i tempi per la realizzazione di opere e progetti e, infine, al Collegato ambientale, che toccherà temi fondamentali come le bonifiche, il trattamento delle sostanze inquinanti, la mobilità elettrica, i parchi e il capitale naturale, la tutela della fauna selvatica e molto altro.

Per molto tempo l'energia è stata considerata come antagonista dell'ambiente. È ancora così?

Lo sarebbe se per produrre energia si continuassero a consumare grandi quantitativi di risorse ambientali; se continuassimo ad utilizzare le fonti fossili, altamen-

“Innovazione e ricerca sono il motore della crescita sostenibile”

te inquinanti e responsabili dell'aumento dell'effetto serra e dei conseguenti mutamenti climatici. Oggi i Paesi in prima linea nella transizione energetica ottengono più di un terzo della loro energia da fonti naturali come il sole e il vento e lo stanno facendo in modo economicamente vantaggioso. Anche per la costruzione del profilo energetico del nostro Paese, l'aumento della parte della porzione di energie rinnovabili è oggi una delle priorità fondamentali. Spingiamo verso la decarbonizzazione e la neutralità climatica prevista per la metà del secolo, cogliendo l'opportunità

di arrivare al 55% nel 2030, abbassando i costi, snellendo le procedure e promuovendo gli investimenti a favore di basse emissioni.

Quali sono a suo giudizio i benefici che possono derivare dal Superbonus per l'efficienza energetica in termini di minori consumi, ma anche di riqualificazione delle periferie e miglioramento delle condizioni abitative?

L'Ecobonus al 110% è disegnato per innescare interventi di riqualificazione profonda, "a tutto tondo", dando anche uno shock economico positivo al comparto. L'idea di fondo è di convertire uno strumento che sinora è stato impiegato prevalentemente per fare interventi 'parziali' (ad esempio, solo gli infissi), in uno strumento in grado di innescare interventi più complessi con un importante miglioramento in termini di efficienza (ad esempio, il 'cappotto'). Ma il tema della riqualificazione urbana è molto ampio e richiede anche una profonda revisione dell'ordinamento e della normativa urbanistica ed edilizia del nostro Paese, che risale agli anni '40 del secolo scorso, alla quale stiamo lavorando. Nel Collegato ambientale, infatti, affrontiamo anche questo punto, con l'obiettivo di incentivare gli interventi di ristrutturazione urbanistica che incidono su comparti ampi di città e di tessuto edilizio, abbattendo radicalmente la contribuzione per oneri prevista nel Testo unico dell'edilizia, in cambio di un prodotto altamente innovativo e che preveda, attraverso chiari disciplinari costruttivi, standard prestazionali più elevati per efficientemente energetico, uso dei materiali, limitazione del consumo di suolo, servizi pubblici di maggiore prestazione, mescolanza sociale degli insediamenti, demolizione e ricostruzione.

Un tema molto dibattuto è la mobilità elettrica. Per molti è un obiettivo da perseguire con la massima determinazione, per altri occorre grande attenzione, in particolare per quanto riguarda l'assenza di una filiera nazionale con il rischio di importare tecnologie dall'estero come è accaduto con il fotovoltaico.

Il numero di autovetture elettriche in Italia è ancora marginale, supera di poco le 22.000 unità, ma l'andamento è in continua crescita, anche grazie agli incentivi introdotti con la Legge di Stabilità 2019, ulteriormente incrementati con il recente DL Rilancio. Un incremento che rientra tra gli obiettivi di decarboniz-

zazione del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima al fine di conseguire per il settore dei trasporti entro il 2030 una riduzione delle emissioni di CO₂ del 37% rispetto ai livelli del 2005. È un trend ormai avviato a livello internazionale e dobbiamo tenere il passo. Le grandi capitali europee hanno annunciato importanti programmi per la decarbonizzazione della mobilità urbana e le maggiori case automobilistiche mondiali prevedono di intraprendere entro il 2030 consistenti investimenti per la produzione dei veicoli elettrici. Il settore *automotive* è composto principalmente da grandi operatori multinazionali e in Italia oltre i due terzi delle autovetture circolanti sono prodotti da operatori multinazionali europei. Il mercato delle autovetture elettriche è ancora in fase di lancio e probabilmente è ancora presto per effettuare valutazioni che attengano alla bilancia commerciale con i Paesi esteri, tuttavia la prevista crescita del mercato delle autovetture elettriche e la presenza dominante nel mercato *automotive* di operatori multinazionali potrà comportare una crescita dell'economia italiana, ladove sorgano in Italia nuove linee di produzione.

Una recente analisi ENEA evidenzia un peggioramento della posizione competitiva dell'Italia negli scambi internazionali delle tecnologie energetiche *low-carbon* come fotovoltaico, mobilità elettrica, accumulatori, solare termico, eolico con una crescente dipendenza dalle importazioni dal 2015 in poi. A fine 2019 l'indicatore si è collocato a -0,53 con picchi negativi di -0,97 per veicoli ibridi, -0,89 quelli elettrici, con un saldo negativo di 1,53 miliardi di dollari sulla bilancia commerciale. È possibile invertire questa tendenza? E con quali azioni?

Agendo nel medio-lungo periodo, almeno in parte è possibile. Servono investimenti in ricerca e innovazione, soprattutto in quei segmenti dove siamo forti o abbiamo assunto un ruolo di "co-leadership", penso, ad esempio, alle smart grid; in questa prospettiva, dobbiamo promuovere una strategia di sviluppo industriale che preveda la collaborazione fra industria e centri di ricerca pubblici e privati italiani in modo da creare un circolo virtuoso. Insieme a tutto questo va contemplata la partecipazione a progetti e iniziative di dimensione europea, perché alcune tecnologie richiedono investimenti e scelte strategiche coordinate, che hanno senso solo se condivise a livello sovranazionale.

In questo momento si parla molto di idrogeno: la Commissione Europea ha recentemente presentato una strategia per la promozione di questo vettore energetico della Strategia UE e otto grandi gruppi europei, fra cui Enel, hanno dato vita ad un'alleanza per la produzione di idrogeno "rinnovabile" per decarbonizzare l'economia, creare occupazione e ridurre la dipendenza energetica. È condivisibile una strategia di investimenti in questa direzione?

Sì, è condivisibile. Perché per raggiungere una condizione di "neutralità climatica" è necessario prevedere un vero e proprio cambio del paradigma energetico italiano che, inevitabilmente, passa anche per investimenti e scelte che incidono su tecnologie applicate e infrastrutture: la produzione e l'impiego dell'idrogeno sono un tassello importante di questa prospettiva. L'idrogeno, infatti, può essere completamente "green"; dà flessibilità al sistema, perché può essere prodotto nei periodi di "overgeneration", nei quali la produzione da rinnovabili non programmabili, come il fotovoltaico, supera il fabbisogno di energia elettrica; può essere usato sia direttamente che, combinato con la CO₂ catturata di origine bio, sotto forma di biometano o carburanti simili ai convenzionali ma ad impatto-zero; infine, sotto certe condizioni tecniche, permette di sfruttare la rete gas esistente. Parliamo cioè di un vero salto tecnologico infrastrutturale che, come ormai la maggior parte delle scelte energetiche, ha senso e maggiori possibilità di successo se condiviso e portato avanti a livello europeo.

Ricerca e innovazione vengono ritenuti essenziali per la transizione energetica, per supportare, accelerare e in alcuni casi anche 'consentire' la decarbonizzazione. Il nostro Paese sta investendo abbastanza in questo settore?

Innovazione e ricerca sono il motore della crescita sostenibile, in grado di accelerare la transizione energetica in maniera efficace, anche sotto il profilo dei costi. L'Italia esporta tecnologia di alto livello e all'avanguardia in tutto il mondo e già prima dell'emergenza COVID-19, nella cornice del Green New Deal, il Governo era impegnato nella stesura di provvedimenti economici e normativi che rafforzavano interventi e incentivi per quei settori che già avevano dato importanti risultati nell'innovazione in chiave *green* e della sostenibilità ambientale.

Il fotovoltaico fra scenari tecnologici e strategie per la competitività della filiera

In numerosi scenari prospettici il fotovoltaico occupa un ruolo primario nel mix di approvvigionamento energetico. Tuttavia, per rafforzare la competitività della filiera in Europa ed in Italia sono necessarie nuove strategie per ridurre i costi e accrescere l'efficienza di conversione con un ruolo cruciale per ricerca, innovazione e sviluppo, anche attraverso la digitalizzazione e l'utilizzo di tecniche di Machine Learning. L'ENEA è pienamente inserita in questa sfida con attività e progetti a livello nazionale e internazionale.

DOI 10.12910/EAI2020-038

di **Ezio Terzini, Paola Delli Veneri, Girolamo Di Francia, Mario Tucci**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA (*)

Sono molti gli scenari energetici che assegnano al fotovoltaico (PV) un ruolo primario nel mix di approvvigionamento energetico del prossimo futuro [1,2,3].

Mercato globale e prospettive in Italia

Ma, oltre gli scenari, i dati reali di mercato ci dicono che nel 2019, a livello mondiale, le installazioni fotovoltaiche hanno raggiunto una potenza cumulata superiore ai 600 GW (627 GW) [4], con un installato annuale di circa 114,9 GW, segnando + 12% rispetto ai 102,2 GW del 2018. La Cina resta il Paese leader per potenza installata annua e guida la classifica con il 26% del mercato globale, con i suoi 30,1 GW installati nel 2019, seguita dall'insieme dei Paesi EU con 16 GW, dagli Stati Uniti con 13,3 GW e poi dall'India che ha installato 9,9 GW sottolineando la vivacità del mercato.

Nel 2019, in Italia, dopo una media praticamente costante di circa 400 MW/anno negli ultimi 4-5 anni, le

installazioni sono cresciute di circa il doppio, con 757 MW totali installati. La potenza cumulata installata nel nostro Paese ha pertanto raggiunto 20,86 GW [5], un risultato che testimonia una rinnovata fiducia negli investimenti su questa fonte rinnovabile che ha ripreso vigore anche dal quadro di indirizzo politico.

Di fatto, il Piano Nazionale Integra-

to per l'Energia e il Clima (PNIEC) ha segnato l'inizio di un importante cambiamento nella politica energetica e ambientale italiana verso la decarbonizzazione, incorporando misure e investimenti per il Green New Deal italiano. Al fotovoltaico, il PNIEC assegna un obiettivo di crescita ambizioso di 51,12 GW di potenza installata al 2030 con una generazione

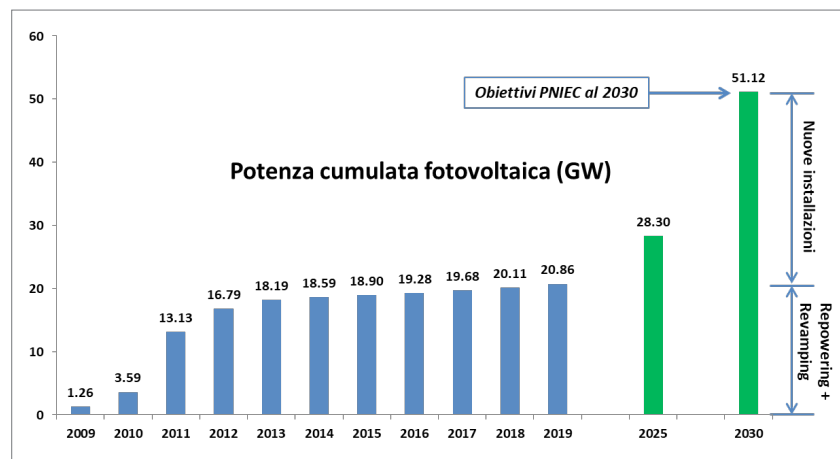


Fig. 1 Potenza fotovoltaica installata in Italia al 2019 e obiettivi PNIEC al 2025 e 2030



Fig. 2 Laboratorio ENEA nel Centro Ricerche Portici per la ricerca sulle celle a base di perovskite

di energia di 73 TWh, circa tre volte quella corrente: in sintesi, 30 GW di nuove installazioni, ma con la concomitante necessità di preservare la potenza già in campo (repowering + revamping) (Figura 1). Buona parte degli strumenti per vincere questa sfida risiedono nell'avanzamento tecnologico delle celle, dei moduli e della gestione degli impianti che mirano costantemente alla riduzione dei costi, all'aumento dell'efficienza di conversione e alla pervasiva digitalizzazione, strada ormai obbligata per l'ottimizzazione fine della produttività, del trading, dell'integrazione a rete e per la smartizzazione delle operazioni di Operation & Maintenance (O&M), utili al mantenimento del patrimonio di installato progressivo.

Le attività di ricerca ENEA per il fotovoltaico

La ricerca di settore in ENEA è allineata con i maggiori laboratori internazionali e si focalizza su alcune delle più promettenti tecnologie oggi investigate. In particolare, si punta al miglioramento dell'efficienza, a basso costo, della tecnologia dominante del silicio cristallino (c-Si) [6,7], sviluppando celle ad eterogiunzioni. Questa tecnologia, basata sulla realizzazione di giunzioni

tra silicio cristallino e silicio amorfo 'drogato'¹ (HJT-Heterojunction Technology), consente di ottenere sia celle convenzionali mantenendo un'alta efficienza di conversione a bassi costi, sia celle bifacciali applicando una griglia metallica ed un contatto trasparente (TCO-trasparent conductive Oxide) nella parte posteriore della cella, in modo da consentire l'assorbimento della luce da entrambi i lati. Un'altra architettura di cella HJT molto studiata è quella nella quale la raccolta di entrambi i portatori avviene

nella parte posteriore del dispositivo (IBC-interdigitated back contact solar cells): in tal modo si può ottenere dal dispositivo una corrente maggiore grazie all'assenza degli effetti di ombreggiamento ad opera della griglia metallica.

I laboratori dell'ENEA sono impegnati nello sviluppo di celle solari ad eterogiunzione di silicio e, in particolare, nello sviluppo di film nanocristallini di ossido di silicio intrinseco o 'drogato' di tipo n e di tipo p e, come contatti selettivi, materiali quali ad esempio MoOx, NiOx, TiOx, WOx, LiF ecc. che vengono anche definiti contatti 'dopant free', in grado di evitare l'uso di gas tossici, quali PH₃ o B₂H₆, per il drogaggio dei film di silicio.

Sono anche in fase di sviluppo tecniche di testurizzazione dei wafer di silicio mediante processi di attacco chimico o fisico. Gli studi e i progressi tecnologici sui dispositivi HJT sono di grande interesse per l'industria fotovoltaica nazionale che, con lo stabilimento 3SUN, di Enel Green Power a Catania, costituisce una delle maggiori realtà di PV manufacturing d'Europa. La fabbricazione in 3SUN è, appunto, basata sulla tecnologia HJT in configurazione bi-

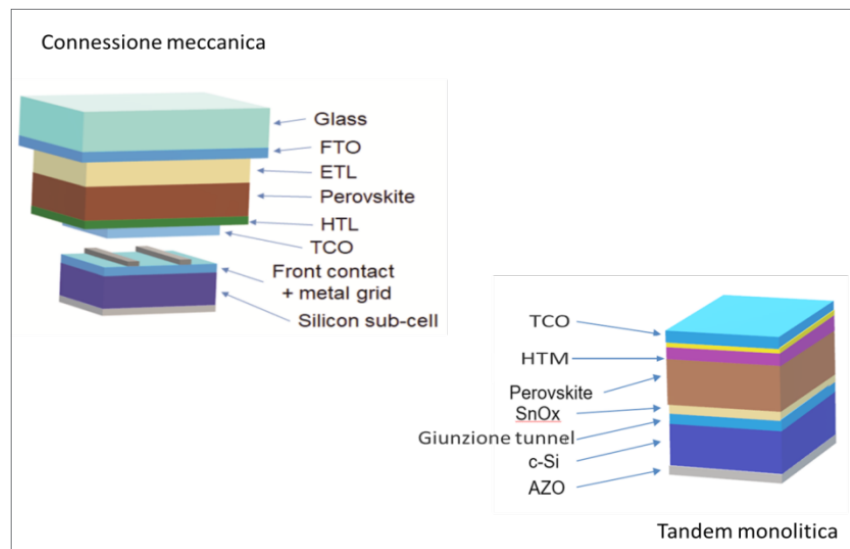


Fig. 3 Strutture tandem perovskite/cSi monolitica e ad accoppiamento meccanico



Fig. 4 GAIA energy: Polo Logistico Alimentare Gricignano d'Aversa

facciale, con una capacità produttiva massima di circa 200 MW all'anno. I moduli hanno potenze fino a 400 W e un'efficienza superiore al 20,5%, con un fattore bifacciale molto elevato (> 90%). Questi risultati consentiranno di ottenere valori di LCOE più bassi grazie alla generazione di energia aggiuntiva rispetto alle tecnologie tradizionali e anche grazie all'ottima stabilità termica.

Perovskite e kesterite: verso celle solari ad alta efficienza

Un significativo impegno è posto anche sullo sviluppo di dispositivi

a multigiunzione che combinano le proprietà di vari materiali assorbitori per 'specializzare' ogni cella della struttura all'assorbimento di parti specifiche dello spettro solare, al fine di superare i valori di efficienza correnti [8], ma anche i limiti teorici delle celle al silicio [9]. Nell'ottica dei dispositivi multigiunzione, i laboratori dell'ENEA (Figura 2) sono impegnati nello sviluppo di materiali a base di minerali quali perovskiti e kesteriti come possibili strati attivi ad alta gap, idonei cioè ad assorbire la parte di spettro solare a più alta energia, che offrono potenziali vantaggi in termini di costi e disponibilità rispetto ad altre opzioni. **Tra i candidati più promettenti c'è proprio la perovskite, grazie alle alte prestazioni già dimostrate dalle celle a singola giunzione** (efficienza record in laboratorio di circa il 25% su piccola area). Le perovskiti sono materiali descritti dalla formula ABX_3 , dove X è un anione, mentre A e B sono cationi di differenti dimensio-

ni. Le celle più performanti vengono ottenute utilizzando un mix di cationi per il componente A, quali ad esempio metilammonio (MA+), formamidinio (FA+), Cesio (Cs+) e un mix di anioni quali iodio (I-), bromo (Br-) e cloro (Cl-), mentre al momento il piombo è utilizzato per il componente B. Insieme allo studio sul materiale assorbitore e alle differenti tecniche e composizioni per realizzarlo (crescita da soluzioni o mediante processi di evaporazione), la ricerca è focalizzata poi sullo sviluppo di strati trasportatori di elettroni (ETL) e lacune (HTL) che siano efficaci per le differenti architetture di dispositivo studiate.

Lo sviluppo di film sottili policristallini di kesterite (CZTS) ha l'obiettivo di superare il problema della scarsa disponibilità di indio contenuto nei moduli in CIGS (Copper Indium-Gallium Selenide). Il CZTS ha la stessa struttura cristallografica del CIS (Cu-InSe₂) con la differenza che l'indio è sostituito dalla coppia zinco-stagno ed

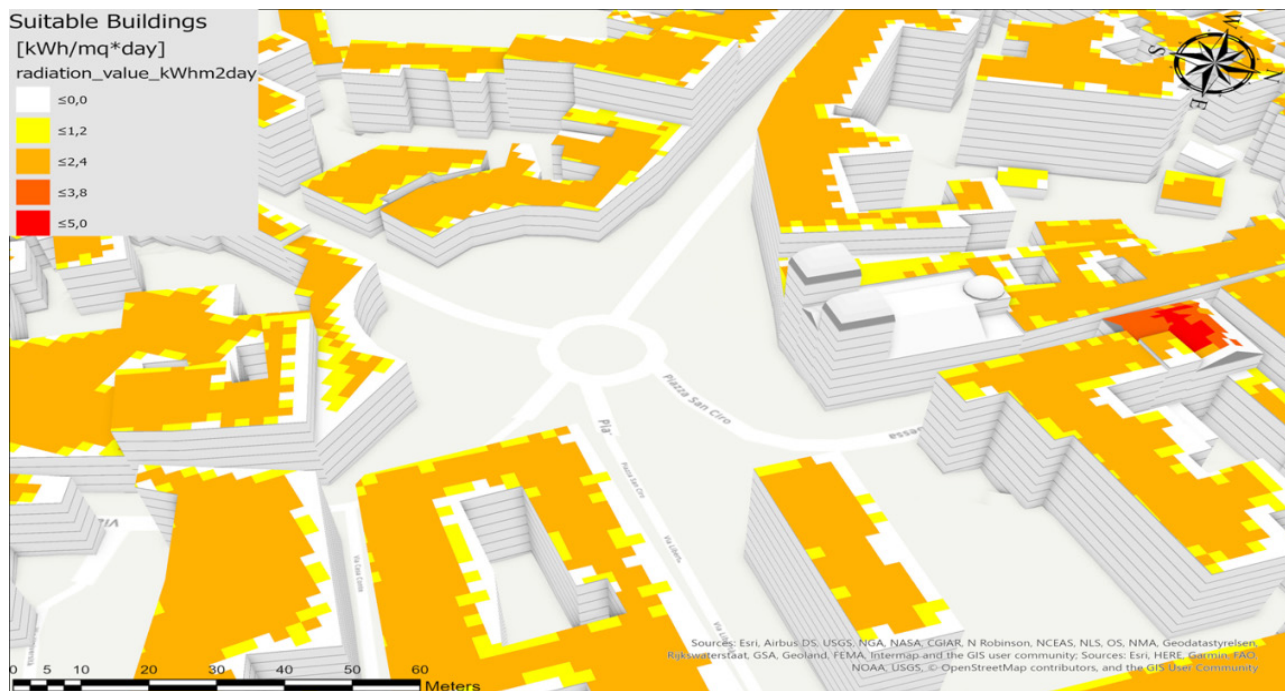


Fig. 5 La mappa relativa alla piazza S. Ciro di Portici, riporta la resa energetica in kWh/mq·day e tiene conto, oltre che della struttura reale dei tetti, anche di una molteplicità di possibili ulteriori effetti tra cui: ombreggiatura reciproca degli edifici, possibili effetti derivanti dalla vegetazione, presenza di aree non effettivamente utilizzabili ecc. Il metodo è estendibile anche alle facciate degli edifici stessi

Tab.1 Nella tabella è riportato il risultato della valutazione di 5 tecniche di ML (Isolation Forest (IF), one-Class Support Vector Machines, Local Outlier Factors, Deep Learning Autoencoders e Gaussian Mixtures Models (GMM)) nella loro capacità di consentire la rilevazione anomalie degli impianti PV. Il confronto nelle prestazioni è normalizzato ed è ottenuto attraverso l'applicazione di 5 diverse metriche usualmente utilizzate a questo scopo: balanced accuracy, recall, F1, Matthews Correlation Coefficient e Cohen Kappa [12]

Model	Metric				
	Acc _{balanced}	F1	recall	MCC	Cohen Kappa
IF	0,929	0,013	0,077	0,031	0,032
oneSVM	0,907	0,231	0,542	-0,125	-0,079
LOF	0,959	0,397	1,000	0,203	0,008
Autoencoder	0,948	0,538	0,176	0,859	0,619
GMM	1,000	1,000	0,683	1,000	1,000

il selenio è sostituito dallo zolfo. I film policristallini di CZTS sono generalmente realizzati mediante sputtering o evaporazione dagli elementi costitutivi e sono tipicamente depositati su un vetro ricoperto con un film di molibdeno. La cella solare è completata con la deposizione di un film di CdS per formare una eterogiunzione seguita dalla deposizione di un film di ZnO intrinseco e uno strato conduttore e trasparente di ZnO: Al. Nell'ottica del superamento dei limiti teorici di efficienza dei dispositivi a singola giunzione, in ENEA sono state realizzate celle tandem CZTS/silicio che rappresentano i primi prototipi di dispositivo di questo genere riportati in letteratura [10].

In collaborazione con l'Università di Tor Vergata sono stati realizzati dispositivi tandem perovskite/silicio sia nella configurazione ad accoppiamento meccanico (wafer bonding), sia in configurazione monolitica (Figura 3). **Accoppiando meccanicamente le due celle con uno strumento appositamente ideato e realizzato in ENEA è stato possibile raggiungere il ragguardevole risultato di 26,3% di efficienza [11].** Anche dopo aver sottoposto la cella ad un processo di stabilizzazione in termini di illuminazione prolungata l'efficienza si è man-

tenuta ad un buon livello, assestandosi sul 25,9%. **Queste attività sono principalmente supportate dal Ministero dello Sviluppo Economico italiano nel quadro dell'Accordo Operativo con l'ENEA per la Ricerca sul Sistema Elettrico e sono svolte in collaborazione con diverse Università italiane.**

Digital-PV

Sul versante applicativo, l'ENEA sta concentrando sulla digitalizzazione pervasiva del fotovoltaico (Digital-PV) sviluppando tecnologie per la modellistica avanzata di funzionamento degli impianti e per la pianificazione ottimale della risorsa fotovoltaica.

L'incontro tra le tecniche dell'intelligenza artificiale (AI) e quelle che caratterizzano il settore energetico, sia dal punto di vista del R&D che da quello del management e della operatività degli impianti, costituisce un'area cross-disciplinare estremamente ricca e fertile di innovazioni, anche immediatamente operative. In effetti, le reti elettriche, i gasdotti, le reti idriche sono infrastrutture sulle quali si stanno già oggi sviluppando applicazioni combinate energia-AI con interessanti finalità e sorprendenti risultati.

Se restringiamo il campo al caso del fotovoltaico, quest'ultimo si distingue per una caratteristica specifica: l'elevatissimo livello di granularità degli impianti che crea l'opportunità, anche a singoli individui, di diventare soggetti attivi nel processo di transizione energetica verso le fonti rinnovabili. **In quest'ottica, il Digital-PV offre preziosi strumenti per la pianificazione della risorsa fotovoltaica in grado di consentire, come per gli esempi applicativi riportati, la migliore gestione operativa degli impianti o la determinazione ottimale del posizionamento di un impianto in relazione ad un complesso di criteri che vanno da quelli tecnico-economici a quelli sociali e di integrazione urbana e paesaggistica, sinteticamente definita "PV-suitability".**

Lavorando con i dati che hanno caratterizzato il funzionamento nel periodo 2017-2019 dell'impianto riportato in Figura 4, sono state studiate diverse metodologie di Anomaly Detection, **tecniche di Machine Learning** atte cioè a consentire di prevedere l'insorgere di un malfunzionamento in una parte qualsiasi dell'impianto stesso. Queste tecniche sono particolarmente interessanti perché consentono di minimizzare i downtime dell'impianto, abbattendo altresì i costi di O&M che, con il diminuire dei costi fissi legati

Fotovoltaico e digitalizzazione: prospettive e opportunità

La digitalizzazione è ormai l'opzione principale per favorire la più ampia penetrazione del fotovoltaico nel sistema energetico. Consente infatti di sfruttare appieno la caratteristica del PV quale fonte energetica decentralizzata offrendo strumenti *user-friendly* per il trading ed il concreto ruolo del *prosumer* (produttore/consumatore). Permette di ottimizzare in maniera spinta la producibilità dell'impianto, il controllo dell'accumulo, dei flussi energetici, l'automazione della diagnostica e delle operazioni di O&M con conseguente riduzione dei costi ed incremento della profittabilità. È essenziale anche in fase di design, sfruttando tecniche di Intelligenza Artificiale, elaborazione di immagini e dati multidimensionali caratteristici di sito. In estrema sintesi, il DIGITAL PV è il nuovo modo di pensare ad una fonte rinnovabile consolidata inserita in un sistema energetico completamente flessibile. Qui di seguito vengono illustrate alcune possibili opportunità.

Finalità dell'applicazione di tecniche Intelligenza Artificiale (AI)

Sistemi di monitoraggio intelligente (AI+IoT) - Si tratta di reti di sensori, fisici e chimici, che consentono di controllare sia componenti passivi (es. le strutture di supporto o i cavi elettrici) sia quelli attivi (es. i pannelli, i sistemi di accumulo energetico ecc.) al fine di:

- identificare anomalie e predire malfunzionamenti sulla base di tecniche di *anomaly detection* utili alla manutenzione avanzata predittiva/preventiva/revamping;
- sviluppare sistemi di classificazione del *failure mode* sulla base delle traiettorie temporali delle variabili monitorate;
- realizzare un benchmarking delle performance e applicazione di metodologie di Machine learning per la comparazione di porzioni diverse di un asset oppure di asset diversi;
- realizzare un'ispezione visuale multispettrale con UAV-Unmanned Aerial Vehicles e/o robot con tecniche di visione artificiale opzionalmente a bordo per l'identificazione e la localizzazione di anomalie spettrali (e.g. termiche) ai fini manutentivi (e.g. identificazione di soiling, crack, hotspot, corrosione, bird dropping ecc.) e revamping;

Sviluppo di Digital Twins - La "Digital Twin" è una accurata replica digitale di un impianto/prodotto fisico. Serve,

in particolare, per studiare possibili miglioramenti dei processi costruttivi e produttivi o interventi di riparazione più rapidi per possibili malfunzionamenti. In campo fotovoltaico le sue principali applicazioni sono tese a ottimizzare l'affidabilità di questa sorgente energetica attraverso:

- stima accurata e previsione della produzione energetica (PV forecasting) sulla base di modelli con componenti fisiche e statistiche che tengono conto anche delle variabili ambientali (incluso polveri sottili e diossidi di azoto);
- identificazione e monitoraggio negli andamenti di divergenze nelle variabili monitorate e, quindi, rilevazione di potenziali malfunzionamenti di impianti o singole parti per l'abilitazione di processi di manutenzione avanzata predittiva e/o reattiva;
- addestramento di sistemi di identificazione e classificazione della causa di malfunzionamento (*failure mode*);

Agenti intelligenti - Gli agenti intelligenti sono componenti software basate su tecniche di intelligenza artificiale connesse a produttori/consumatori di risorse virtuali o reali, in questo caso specifico impianti o collezioni di impianti e attori economici di vendita/consumo dell'energia. Gli agenti intelligenti interagiscono tra loro al fine di ottimizzare i propri obiettivi e sono impiegati per controllare processi specifici connessi con la produzione ed il trasposto di energia fotovoltaica.

- sviluppo di metodiche di valutazione delle transazioni energetiche decentralizzate, basate su tecniche avanzate quali metering, billing e blockchain;
- automazione del trading energetico con supporto transazioni ad alta frequenza.

Sistemi di supervisione - Si tratta di sistemi HW/SW in grado di monitorare e gestire i sottosistemi interconnessi di una rete al fine di ottimizzarne il funzionamento secondo obiettivi di qualità prefissati. Si utilizzano per:

- identificazione e previsione di mismatch locali e/o difusi;
- identificazioni di andamenti di funzionamento anomali con predizione di collassi e riconfigurazione automatica ad alta frequenza;
- controllo delle problematiche dell'impatto ambientale nell'operatività delle infrastrutture;
- ottimizzazione del *matching* consumo/produzione/storage per l'ottimizzazione dell'auto-consumo/consumo locale.

Applicazioni di Sistema Informativo Territoriale (GIS) - Sono integrazioni di livello più alto delle metodologie AI, di modellistica col GIS per creare servizi OTT a valore aggiunto.

- Integrazione di componenti architettonici (e.g. altezza e disposizione edifici, orientamento e ombreggiatura) e

ambientali (e.g. qualità dell'aria) per la generazione di mappe di producibilità fotovoltaica. Quest'applicazione, in ambiente urbano, può realizzare, ad es., il "catasto solare" ad uso delle differenti componenti del mercato (Real Estate, PP.AA., Retail/Prosumer, Funding ecc.)

all'impianto stesso, stanno diventando, in percentuale, sempre più significativi nella determinazione del costo dell'energia elettrica da PV. Nella Tabella 1 sono riportati i risultati della comparazione di cinque di queste tecniche determinando, tra queste, quella più efficace per lo scopo prefissato [12].

Nell'area della PV-suitability, l'obiettivo è di realizzare strumenti utili al decisore pubblico per l'attuazione di politiche di pianificazione energetica ottimale che

includono il PV. **La metodologia messa a punto in ENEA consente di costruire un vero e proprio 'catasto solare', urbano ed extra urbano che può arrivare al dettaglio della "suitability" anche della singola facciata di edificio.** Nella Figura 5 è, ad esempio, rappresentato il risultato dell'applicazione di queste tecniche al territorio del Comune di Portici (NA) dove sono evidenti, in termini di colorazione differenti, le rese energetiche ottenibili dai singoli tetti.

Un tale risultato estende l'interesse per tale strumento agli operatori del settore ed ai singoli cittadini [13].

(*) *Ezio Terzini, Responsabile Divisione Fotovoltaico e Smart Devices; Paola Delli Veneri, Responsabile Laboratorio Dispositivi Innovativi; Girolamo Di Francia, Responsabile Laboratorio Sistemi ed Applicazioni Fotovoltaiche e Sensoristiche; Mario Tucci, Responsabile Laboratorio Ingegneria per l'Industria Fotovoltaica.*

BIBLIOGRAFIA

1. Shell Scenarios - SKY - www.shell.com/skyscenario
2. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050 – IRENA April 2020
3. IEA- World Energy Outlook 2019
4. Snapshot of Global PV Markets 2020 – IEA-PVPS
5. Rapporto statistico Solare Fotovoltaico 2019 - GSE Giugno 2020
6. ITRPV, International Technology Roadmap for Photovoltaic—2018 Results
7. SunPower, X-Series Residential Solar Panels SunPower Residential Solar Panels Engineered for Peace of Mind X-Series, <https://us.sunpower.com/solar-panels-technology/x-series-solar-panels>
8. K. Yoshikawa, H. Kawasaki, W. Yoshida, T. Irie, K. Konishi, K. Nakano, T. Uto, D. Adachi, M. Kanematsu, H. Uzu, K. Yamamoto, *Nat. Energy* 2017, 2, 17032
9. A. Richter, M. Hermle, S. W. Glunz, *IEEE J. Photovoltaics* 2013, 3, 1184
10. Valentini, M., Malerba, C., Serenelli, L., Izzi, M., Salza, E., Tucci, M., Mittiga, A., "Fabrication of monolithic CZTS/Si tandem cells by development of the intermediate connection", (2019) *Solar Energy* 190, 414-419, DOI:0.1016/j.solener.2019.08.029
11. E. Lamanna, F. Matteocci, E. Calabrò, L. Serenelli, E. Salza, L. Martini, F. Menchini, M. Izzi, A. Agresti, S. Pescetelli, S. Bellani, A. Esau' Del Río Castillo, F. Bonaccorso, M. Tucci, and A. Di Carlo, *Joule* 4, 1–17, April 15, 2020
12. Ferlito et al. AISEM 2020 Proceedings of the 2020 Regional AISEM Workshop
13. Fattoruso et al. Proceedings of the 2020 Regional AISEM Workshop

¹ Il drogaggio si ottiene inserendo nel semiconduttore atomi estranei di opportuna valenza chimica (es. boro o fosforo) in modo che i portatori di carica maggioritari siano elettroni (semiconduttore di tipo n) o lacune (semiconduttore di tipo p)

Il contributo del solare a concentrazione nel percorso di decarbonizzazione

Il solare a concentrazione può fornire un contributo sostanziale al perseguimento degli obiettivi di decarbonizzazione fissati dal Green Deal Europeo. In particolare, si può prevedere un ampio sviluppo di impianti di piccola-media potenza nell'area euro-mediterranea, in zone ad alta intensità di radiazione quali Spagna, Grecia, Portogallo, Italia meridionale e insulare ed in Nord Africa. In questo contesto, ENEA ricopre un ruolo di primo piano a livello nazionale e internazionale, portando avanti attività di ricerca e sviluppo, progettazione, realizzazione e dimostrazione di impianti e sistemi integrati con le risorse e le specificità del territorio.

DOI 10.12910/EAI2020-039

di **Michela Lanchi, Walter Gaggioli**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA (*)

La tecnologia solare a concentrazione, intrinsecamente idonea alla generazione elettrica on-demand, può fornire un contributo sostanziale al perseguimento degli ambiziosi obiettivi di decarbonizzazione fissati dal Green Deal Europeo, che prevede entro il 2030 una riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 50% ed entro il 2050 la neutralità ambientale. Nella tecnologia solare a concentrazione la radiazione solare diretta viene con-

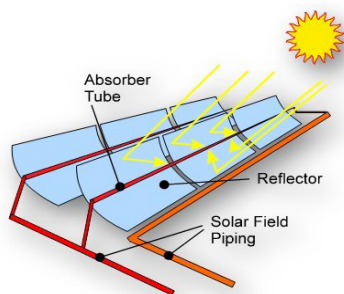


Fig. 1 Schema concettuale di collettori solari a concentrazione

centrata da opportune superfici riflettenti (specchi) su un sistema ricevitore, e successivamente assorbita da un fluido termovettore sotto forma di calore ad alta temperatura (Figura 1). Il calore può essere utilizzato direttamente – e in questo caso si parla di *Concentrated Solar Thermal*, CST – o convertito in energia elettrica analogamente a quanto avviene nelle centrali termo-elettriche convenzionali alimentate da combustibili fossili. In questo caso si parla di *Concentrating Solar Power*, CSP, ovvero di sistemi che possono essere accoppiati a cicli termodinamici cogenerativi, nei quali il calore solare viene utilizzato per produrre acqua dissalata o alimentare sistemi distribuiti di raffreddamento.

Grandi prospettive applicative

La caratteristica peculiare dei sistemi CSP è la possibilità di immagazzinare il calore solare attraverso sistemi convenzionali di accumulo

(*Thermal Energy Storage*, TES), consentendo di programmare la produzione di energia elettrica e rispondere alle richieste della rete, in un'ottica di generazione dispacciabile, ad oggi non perseguibile attraverso altre tecnologie energetiche rinnovabili.

Grazie alla disponibilità di soluzioni commerciali per l'accumulo termico, il solare a concentrazione è una tecnologia intrinsecamente flessibile, che può supportare nel prossimo futuro una maggiore penetrazione nel mix energetico anche delle fonti rinnovabili non programmabili come eolico e fotovoltaico (PV) [1].

Di fatto, nei prossimi decenni si prevede un sostanziale incremento della quota di energia prodotta da CSP che, secondo lo scenario *hi-Ren* dell'IEA, al 2050 coprirà più del 10% del fabbisogno globale di energia primaria [2]. A completamento di questo scenario si può considerare che il calore a media/alta temperatura prodotto dal CST può essere vantag-

giosamente utilizzato per alimentare i processi endotermici dell'industria, e per produrre combustibili "green" e idrogeno da biomasse e/o acqua, con grandi prospettive applicative. Basti pensare che il consumo energetico dell'industria rappresenta circa il 32% di tutta l'energia globalmente richiesta e di questa quota solo il 26% è attribuibile ai consumi elettrici, mentre il restante 74% è riferibile a consumi termici [3]; il 70% di questi ultimi è associato a processi endotermici a media/alta temperatura (>150 °C/400 °C) e può essere soddisfatto da impianti CST opportunamente integrati al processo industriale.

Lo scenario internazionale e lo stato dell'arte della ricerca

Attualmente, a livello mondiale, la capacità installata equivalente degli impianti CSP è pari a 5,5 GW, di cui il 61% localizzata in Spagna e il 18% negli USA, mentre la capacità degli impianti in via di realizzazione e in via di progettazione è, rispettivamente, pari a 1,2 e 2,7 GW [4]. Negli ultimi anni si è registrata una rapida crescita del mercato anche in Marocco, Cina, Sud Africa, Emirati Arabi e Cile, che ospitano la maggior parte dei progetti attualmente in fase di sviluppo.

La distribuzione degli impianti riflette in parte le caratteristiche geografiche favorevoli alla tecnologia (latitudini non troppo elevate, clima secco con scarsa nuvolosità e piovosità durante



Fig. 2 Tubo ricevitore evacuato con assorbitore selettivo realizzato su brevetto ENEA [6]

l'anno) e, specialmente, nel caso della Spagna, la presenza di politiche di incentivazione da parte dei governi. La maggior parte degli impianti commerciali è dotata di sistemi di accumulo termico, con capacità equivalente variabile da 3 a 15 ore (ore di produzione a pieno carico). Ad esempio, nel caso dell'impianto CSP Gemasolar (20 MW_e, Siviglia), è stato realizzato un sistema di accumulo termico che durante il periodo estivo garantisce l'operatività dell'impianto per 24 ore continuative. A livello internazionale, considerando l'area euro-mediterranea, si può prevedere nel futuro un ampio sviluppo del solare termico a concentrazione nelle aree ad alta intensità di radiazione con impianti di piccola-media potenza (Spagna, Grecia, Portogallo, Italia meridionale e insulare), oltre che un'espansione del potenziale energetico rinnovabile europeo attraverso l'importazione di energia dai paesi del Nord Africa che,

ovviamente, presentano costi di produzione di energia elettrica attraverso tecnologie CSP di gran lunga inferiori rispetto alle più favorevoli zone dell'Europa meridionale.

Nell'ultimo decennio il settore del solare a concentrazione ha conosciuto rilevanti progressi in termini di incremento dell'affidabilità, efficienza impiantistica e riduzione dei costi grazie all'esercizio degli impianti commerciali esistenti e la costruzione di nuove installazioni, ma anche allo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative per i componenti di impianto (collettori/ricevitori/sistemi di accumulo).

La principale sfida per il solare termodinamico attualmente risiede nella riduzione del costo di produzione dell'energia elettrica, ad oggi concorrenziale con le altre tecnologie energetiche solo in specifici contesti geografici e finanziari, quali, ad esempio, Cile, Marocco ed Emirati Arabi Uniti, dove sono stati raggiunti prezzi di poco superiori ai 7 centesimi di dollaro per kWh [5]. La riduzione dei costi, che passa attraverso l'incremento dell'efficienza degli impianti, richiede l'ottimizzazione dei principali componenti, dal campo solare al sistema di accumulo termico; per tale motivo la ricerca a livello internazionale è orientata su nuovi fluidi termovettori, basso-fondenti e termicamente stabili ad elevate temperature (>400 °C), nuovi materiali e configurazioni di sistema per l'accumulo termico, nuovi materiali e tecniche di realizzazione dei coating selettivi dei tubi ricevitori.

Le attività di R&S dell'ENEA



Fig. 3 Impianti dimostrativi realizzati da ENEA: a) Impianto PCS (Centro Ricerche ENEA Casaccia); b) Impianto MATS (Borg-El Arab, Egitto)

In Italia, la ricerca sul CSP è stata avviata da ENEA all'inizio degli anni 2000, portando allo sviluppo di una tecnologia innovativa basata sull'impiego di sali fusi, sia come fluido termovettore che come materiale di accumulo per l'energia termica, e sull'utilizzo di nuovi collettori solari lineari operativi fino ad una temperatura di 550 °C (contro i "conven-

zionali 400 °C”), ottenendo un conseguente aumento dell’efficienza globale di sistema e una riduzione del costo dell’accumulo termico, oltre che una diminuzione dell’impatto ambientale. Il percorso di sviluppo tecnologico, avviato con l’ideazione e la messa a punto di un nuovo rivestimento del tubo ricevitore, protetto con brevetto internazionale esclusivo ENEA (Figura 2), ha condotto, attraverso un progressivo coinvolgimento dell’industria, alla realizzazione di un impianto di *Prova Collettori-Solari a sali fusi* (Impianto PCS) presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia (Figura 3.a), e alla costruzione dei seguenti impianti dimostrativi: i) **impianto Archimede**, con capacità di circa 12 MW termici, accoppiato alla centrale a ciclo combinato Enel presso Priolo Gargallo (SR) [7]; ii) **impianto MATS** (Figura 3.b), con capacità di 1 MWe, installato presso Borg El Arab - Alessandria d’Egitto [8, 9].

In particolare, nell’ambito del **progetto EU MATS** (Multipurpose Applications by Thermodynamic Solar), ENEA ha coordinato un partenariato di aziende e centri di ricerca europei ed egiziani per la progettazione e successiva costruzione di un impianto solare termodinamico dotato di un innovativo serbatoio di accumulo termico con generatore di vapore immerso (brevetto ENEA-Ansaldo Nucleare), capace di alimentare un ciclo termodinamico per la generazione di

1 MW di elettricità e 250 m³/giorno di acqua dissalata, utilizzando l’energia solare integrata con fonti energetiche localmente disponibili.

Partendo dall’esperienza e dalle competenze maturate nell’ambito di progetti nazionali e europei (FP7 e H2020), ENEA ha intrapreso, negli anni, nuove attività di ricerca sul CSP, anche in collaborazione con diverse realtà industriali nazionali (Eni SpA, Magaldi Power SpA, ESE Engineering, C.&C. Consulting Engineering Srl ecc.), puntando allo sviluppo di innovativi sistemi CSP che si adattano alle necessità del mercato energetico «dell’area del Mediterraneo». Questo mercato richiede flessibilità nella generazione di energia elettrica, possibilità di cogenerare energia elettrica e termica, e soluzioni tecniche per la produzione distribuita sul territorio. Infatti, se a livello internazionale lo sviluppo della tecnologia CSP è principalmente indirizzato alla produzione elettrica in sistemi centralizzati di grande taglia (>100 MW_e) per beneficiare dell’economia di scala e ridurre il costo dell’elettricità (target di 7 c€/kWh entro il 2050 [5]), in parallelo si sta delineando un potenziale mercato basato sulla poli-generazione distribuita per applicazioni industriali, civili e residenziali.

I progetti europei

L’Agenzia è attivamente coinvolta anche in questo secondo ambito e, tra le esperienze più significative, si possono citare i **progetti europei ORC-PLUS, STS-MED e REslag**. In particolare, il **progetto ORC-PLUS**, (Organic Rankine Cycle - Prototype Link to Unit Storage) coordinato da ENEA rappresenta **un altro esempio vincente di collaborazione tra Europa e Paesi della sponda sud del Mediterraneo**. Nell’ambito del progetto è stato realizzato presso il “Green Energy Park” di Ben Guerir (Marocco), in un’area semidesertica a 80 km

a nord di Marrakech, un innovativo sistema di accumulo termico, capace di immagazzinare fino a 19 MWh termici ed in grado di incrementare di 4 ore la produzione a pieno carico dell’esistente impianto CSP, dotato di una turbina ORC da 1 MW_e, e quindi di coprire nelle ore serali il picco di assorbimento della locale rete di Media Tensione [10-11]. Nell’ambito del Progetto STS-MED, è stato sviluppato un sistema di stoccaggio termoclineo basato sull’utilizzo di sali fusi ternari come materiale di accumulo, installato in due differenti taglie prototipali nel Centro Ricerche ENEA Casaccia e presso l’Università di Palermo [12]. Sempre riguardo alla tematica dell’accumulo termico, nell’ambito del **progetto EU REslag** (Turning waste from steel industry into a valuable low cost feedstock for energy intensive industry), è stato di recente realizzato presso il Centro ENEA della Casaccia un sistema prototipale che coniuga il **solare termodinamico con l’economia circolare**, grazie all’utilizzo di scorie di acciaieria opportunamente riprocessate come materiale di accumulo [13]. **Alle attività di ricerca a livello nazionale ed europeo coordinate o promosse dall’Agenzia coinvolgendo partner del mondo accademico e industriale, ENEA affianca la fornitura di servizi e consulenze tecniche ad aziende ed industrie del settore per promuovere e consolidare lo sviluppo della filiera CSP in Italia (attualmente Eni, SOL.IN.PAR, Stromboli Solar).**

Il contesto nazionale

Nel contesto nazionale è importante segnalare che, a partire dal 2019, il solare a concentrazione è stato incluso tra le tematiche strategiche oggetto della **Ricerca di Sistema Elettrico finanziata dal MiSE**. In questo ambito ENEA ha presentato un piano triennale di ricerca finalizzato, tra le altre cose, allo **studio di nuovi fluidi termovettori, allo sviluppo di innovativi materiali di rivestimento su-**



Fig. 4 Impianto commerciale CSP in fase di realizzazione presso Partanna (Trapani)

perficiale per tubi ricevitori, e alla realizzazione di sistemi di accumulo termico avanzati, in collaborazione con il mondo accademico nazionale. Inoltre, sempre nell'ambito dell'Accordo di Programma ENEA-MiSE sulla Ricerca di Sistema Elettrico, entro il 2021 è prevista la realizzazione, presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia, di una piattaforma sperimentale per la caratterizzazione di componenti di impianti solari termici asserviti alla fornitura di calore industriale a media ed alta temperatura. Il mercato del calore di processo, in cui la competizione con altre tecnologie energetiche rinnovabili è meno forte, può infatti rivelarsi un efficace strumento di promozione della tecnologia, ampliandone significativamente gli scenari applicativi, e

consentendo di innescare il circuito virtuoso dell'economia di scala, anche nel breve-medio periodo. Il contesto applicativo è sostanzialmente quello della generazione termica ed elettrica distribuita, in linea con le prospettive di sviluppo della tecnologia CST/CSP in Italia, dove, a causa di condizioni geografiche specifiche e di vincoli di carattere autorizzativo e di tipo burocratico, gli impianti di grande taglia (superiori ai 50 MW) sono di difficile realizzazione.

Ciononostante, nel nostro Paese esiste una realtà industriale che sta investendo sulla tecnologia e sta portando avanti progetti concreti. A questo proposito vale la pena menzionare due progetti commerciali attualmente in corso, che prevedono la realizzazione di impianti CSP in Sicilia,

nella provincia di Trapani: il primo, con potenza pari 4,26 MW_e, è in fase di completamento (Partanna, Figura 4), mentre il secondo, con una potenza di 4,0 MW_e, ha terminato l'iter autorizzativo (Stromboli). Entrambi i progetti, ai quali collabora ENEA per la supervisione tecnica, coinvolgono soggetti industriali nazionali nel ruolo di *owner* (SOL.IN.PAR. Srl e Stromboli Solar Srl), di EPC (FATA SpA del gruppo Danieli) e, per l'impianto di Partanna, di fornitori di componenti-chiave come i tubi ricevitori e la turbina.

(*) *Michela Lanchi, Responsabile Laboratorio Sviluppo Componenti e Impianti Solari – Walter Gaggioli, Responsabile Laboratorio Ingegneria delle Tecnologie Solari*

BIBLIOGRAFIA

1. Estela 2016, The value of thermal storage (online), https://www.estelasolar.org/Docs/2016_ESTELA_STE-Storage-Value_Final.pdf
2. IEA Technology Roadmap Solar Thermal Electricity, 2014 (online), <http://www.solarconcentra.org/wp-content/uploads/2017/06/Technology-Roadmap-Solar-Thermal-Electricity-2014-edition-IEA-1.pdf>
3. Solar Payback - Solar Heat for Industry, 2017
4. CSP Project Around the World (online), <https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-projects-around-the-world>
5. Irena, Renewable Power Generation Costs in 2018 (online), https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf?la=en&hash=99683CDDBC40A729A5F51C20DA7B6C297F794C5D
6. A. Antonaia, S. Esposito, M.L. Addonizio, A. Guglielmo, Assorbitore Solare Selettivo a Base di Materiali Cermet del Tipo Doppio Nitrato, e Relativo Procedimento di Fabbricazione, Brevetto n. 1406233, 15-06-2011
7. Impianto Archimede (online), <https://www.enea.it/it/seguici/le-parole-dellenergia/solare-termodinamico/impianto-archimede>
8. R. Liberatore, A. Giaconia, G. Petroni, G. Caputo, C. Felici, E. Giovannini, M. Giorgetti, R. Branke, R. Mueller, M. Karl, T. Fluri, "Analysis of a procedure for direct charging and melting of solar salts in a 14 MWh thermal energy storage tank", AIP Conference Proceedings 2126 (2019), 200024
9. MATS Project (online), <http://www.mats.enea.it/>
10. R. Liberatore, M. Falchetta, W. Gaggioli, D. Mazzei, V. Russo, "Power production of an ORC System using a stratified molten salt as thermal energy storage integrated in a CSP plant", AIP Conference Proceedings 2126 (2019), 140003
11. V. Russo, D. Mazzei, R. Liberatore, "Thermal energy storage with integrated heat exchangers using stratified molten salt system for 1 MWe CSP", AIP Conference Proceedings, vol. 2033 (2018), 090025
12. STS MED Project (online), <http://www.stsmed.eu/>
13. REslag Project (online), <http://www.reslag.eu/>

I 'colori' dell'idrogeno nella transizione energetica

Da diversi decenni l'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico e non solo come materia prima dell'industria di processo, è considerato come un possibile elemento chiave per la decarbonizzazione dei sistemi energetici. ENEA è da tempo impegnato nello sviluppo di processi e tecnologie relative all'intera catena del valore dell'idrogeno, è capofila in numerosi progetti europei e ricopre ruoli di rappresentanza in diverse iniziative e tavoli tematici di discussione nazionali ed internazionali.

DOI 10.12910/EAI2020-040

di **Massimiliano Della Pietra, Stephen McPhail, Luca Turchetti, Giulia Monteleone**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA (*)

Dopo essere stato protagonista, negli ultimi decenni, di ondate cicliche di grande entusiasmo e profondo scetticismo, l'idrogeno si è ora indiscutibilmente affermato come elemento chiave per la transizione energetica ed è al centro delle agende politiche e delle strategie energetiche di numerosi Paesi del mondo e della Commissione Europea. Tra queste vanno certamente ricordate "Renewable and Clean Hydrogen Challenge IC#8" nell'ambito della partnership Mission Innovation, che, attraverso la collaborazione e il coordinamento internazionale, ha l'obiettivo di accelerare lo sviluppo di un mercato globale dell'idrogeno, e, a livello Europeo, l'iniziativa IPCEI (Important Projects of Common European Interest) sulle *Tecnologie e Sistemi ad Idrogeno*. Per non dimenticare la Clean Hydrogen Alliance, recentemente annunciata dalla Commissione Europea, con un ruolo chiave per il raggiungimento della neutralità climatica prevista per il 2050. L'attenzione verso l'idrogeno come vettore energetico è da sempre dovuta

ad alcune sue interessanti caratteristiche: è leggero, più facilmente immagazzinabile a lungo termine rispetto all'energia elettrica, reattivo, ad alto contenuto di energia per unità di massa e può essere facilmente prodotto su scala industriale. Un altro aspetto fondamentale è sicuramente la possibilità di utilizzare l'idrogeno per produrre energia "pulita". Infatti, la combustione dell'idrogeno non è associata alla produzione di anidride carbonica (CO₂) e non comporta quindi emissioni climalteranti dirette; inoltre, la combustione può essere condotta per via elettrochimica in celle a combustibile, con efficienze complessive superiori a quelle della combustione termica e senza l'emissione di ossidi di azoto. Infine, l'idrogeno può essere ottenuto da una gamma ampiamente diversificata di fonti di energia rinnovabile, potendo così supportare lo sviluppo di sistemi energetici resilienti.

L'idrogeno, vettore energetico per la decarbonizzazione

Tuttavia, solo il cosiddetto idrogeno

"verde", ovvero prodotto da fonti rinnovabili senza emissioni climalteranti, potrà ricoprire questo ruolo di primo piano. Infatti, l'idrogeno prodotto dal reforming del gas naturale ("grigio"), dalla gasificazione del carbone ("nero") e dalla lignite ("marrone"), che costituisce oggi complessivamente circa il 99% dell'idrogeno prodotto a livello mondiale, è associato ad ingenti emissioni di anidride carbonica. **Risulta quindi evidente che i processi produttivi convenzionali basati sull'utilizzo di materie prime e combustibili fossili dovranno essere progressivamente dismessi, lasciando il posto a processi innovativi basati sull'uso di fonti rinnovabili.** Fino al raggiungimento di questo obiettivo, fissato dall'Unione Europea al 2050, l'idrogeno "blu", ovvero prodotto con processi convenzionali accoppiati a sistemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica, contribuirà a soddisfare l'incremento della domanda di idrogeno senza impatti sul clima, favorendo al contempo lo sviluppo delle infrastrutture necessarie per l'ingresso dell'idrogeno verde nei sistemi energetici. **L'idrogeno non è una fonte**

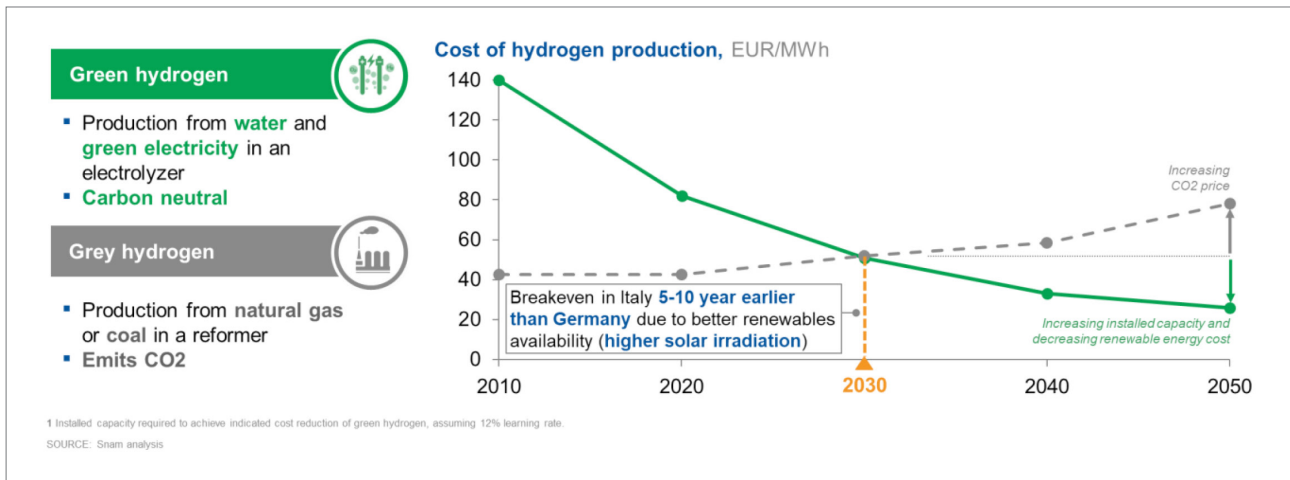


Fig. 1 Evoluzione dei costi di produzione dell'idrogeno verde e dell'idrogeno grigio in Italia

di energia, ma un vettore energetico, e come tale, per le sue caratteristiche, ha un ruolo chiave nella decarbonizzazione dei diversi settori, energetico, industriale e della mobilità. Infatti, se prodotto tramite elettrolisi, da fonti di energia rinnovabile, l'idrogeno "verde" è un vettore di energia intrinsecamente pulito ed è oggi considerato uno dei degli attori chiave per la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio. Inoltre, proprio perché prodotto attraverso l'utilizzo di energia elettrica, rinnovabile, favorisce l'integrazione delle reti di trasmissione di elettricità e gas. In tal modo, ossia attraverso l'uso dell'idrogeno così prodotto, sarà possibile decarbonizzare anche quei settori dell'economia che non possono essere facilmente o direttamente elettrificati, come ad esempio l'industria pesante, l'aviazione, il trasporto su strada o marittimo a grandi distanze. L'idrogeno verde può essere utilizzato tal quale, in miscela H₂-CH₄ (idrogeno-metano), o trasformato in CH₄ sintetico attraverso un processo di metanazione della CO₂.

Oltre agli usi energetici, l'idrogeno verde può contribuire alla decarbonizzazione dei processi industriali venendo utilizzato come materia prima o fluido di processo. Ad esempio, l'idrogeno verde può essere utilizzato al posto del

carbon coke come agente riducente nella produzione dell'acciaio, consentendo di soddisfare la crescente domanda di acciaio con minori emissioni di anidride carbonica.

L'idrogeno nero e grigio: ieri, oggi e domani

Il gas naturale è attualmente la fonte primaria di idrogeno: con circa 70 milioni di tonnellate di idrogeno prodotto utilizzando circa 205 miliardi di metri cubi di gas naturale (6% del consumo globale di gas naturale), rappresenta circa tre quarti della produzione annuale mondiale dedicata all'idrogeno. Il carbone vie-

ne dopo, per il suo ruolo dominante in Cina e rappresenta circa il 23% della produzione globale di idrogeno utilizzando 107 Mt di carbone (2% del consumo globale di carbone). Il petrolio e l'elettricità rappresentano la restante produzione. La dipendenza dal gas naturale e dal carbone si traduce in emissioni di CO₂: 10 tonnellate di anidride carbonica per tonnellata di idrogeno (tCO₂/tH₂) da gas naturale, 12 tCO₂/tH₂ da prodotti petroliferi e 19 tCO₂/tH₂ da carbone. Ciononostante, la produzione di idrogeno da processi di reforming non sarà rapidamente e completamente sostituita dall'idrogeno verde a causa dei costi elevati – oggi produrre idrogeno da elettrolisi dell'ac-

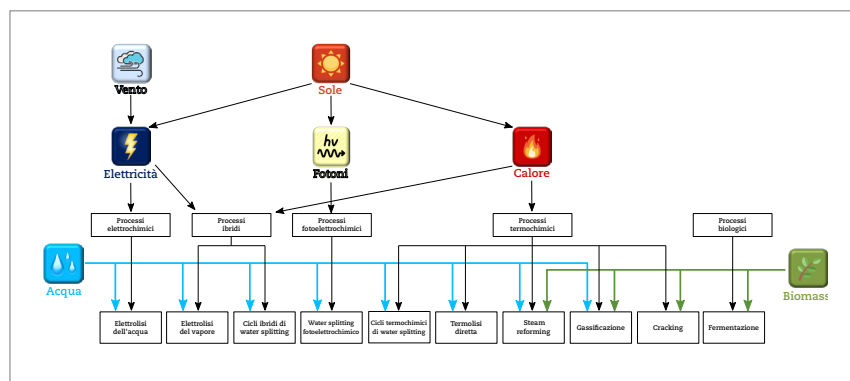


Fig. 2 Panoramica dei processi di produzione di idrogeno verde

qua costa ancora almeno il doppio di produrre idrogeno da metano [in Figura 1 è riprodotto il grafico elaborato da SNAM, inserito in un position paper del 2019, relativo all'evoluzione dei costi dell'idrogeno verde e dell'idrogeno grigio] – ma anche perché la previsione al 2050 è di un mix energetico costituito ancora per il 75% circa da metano, con importazioni rilevanti di gas naturale dalla Russia e dalla Libia. È qui che entrerà in gioco progressivamente l'idrogeno blu, prodotto dagli stessi processi di reforming, integrati con sistemi di cattura e sequestro della CO₂ generata durante il processo stesso.

L'idrogeno verde: oggi e domani

Ad oggi, il processo maggiormente consolidato e tecnologicamente maturo per produrre idrogeno verde è l'elettrolisi dell'acqua alimentata con elettricità prodotta da tecnologie rinnovabili elettriche quali eolico e fotovoltaico. La principale strategia di integrazione consiste nella connessione dell'elettrolizzatore ad una rete con elevata quota di rinnovabili, considerando in particolare la possibilità di utilizzare la produzione di idrogeno come mezzo di bilanciamento della rete: in questo modo, tra l'altro, è possibile favorire la penetrazione delle stesse fonti rinnovabili non programmabili nel sistema energetico. L'accoppiamento off-grid con la fonte rinnovabile risulta ad oggi meno conveniente e più difficile da gestire, anche se comunque rilevante. A fianco dei più maturi elettrolizzatori alcalini, sono oggi disponibili sul mercato elettrolizzatori PEM, caratterizzati da una maggiore flessibilità, a fronte di una minore efficienza. Nonostante l'adeguata maturità degli elettrolizzatori per le applicazioni industriali, quella relativa alle applicazioni energetiche è inferiore e c'è ancora spazio per il miglioramento di costi di investimento, efficienza e vita utile; in particolare, la performance in regime dinamico e la resistenza a frequenti cicli avvio-ar-

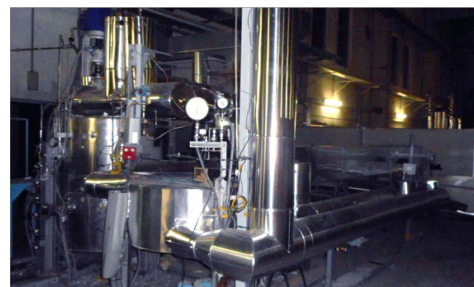


Fig. 3 Impianto CoMETHy per la produzione di idrogeno mediante steam reforming a bassa temperatura alimentato da calore solare (Centro Ricerche ENEA Casaccia)

resto devono essere migliorati per l'uso in questo nuovo campo. Inoltre, la possibilità di raggiungere elevate pressioni operative porterebbe altri importanti vantaggi energetici ed economici. Tutte queste sfide possono essere raccolte dagli elettrolizzatori alcalini con membrana a scambio anionico (AEM), attualmente in fase di sviluppo. Un altro fronte di innovazione in questo ambito riguarda l'elettrolisi del vapore ad alta temperatura, potenzialmente più efficiente dal punto di vista exergetico, ossia che può utilizzare energia "meno pregiata", rispetto all'elettrolisi dell'acqua, perché permette di sostituire una parte dell'elettricità necessaria per il processo con calore a bassa temperatura. Le celle elettrolitiche ad ossidi solidi, operanti a temperature superiori ai 700 °C, sono oggi i sistemi di elettrolisi del vapore più maturi dal punto di vista tecnologico; più recentemente, sono stati considerati sistemi di elettrolisi del vapore a carbonati fusi, caratterizzati da temperature operative più basse (<650 °C), con potenziali vantaggi in termini di sicurezza e gestibilità dell'impianto.

Oltre all'elettrolisi, la ricerca internazionale sta esplorando nuove strade per la produzione di idrogeno verde, basate sull'uso di fonti rinnovabili diverse come le biomasse o il calore solare, in modo da sfruttare appieno la flessibilità del vettore idrogeno rispetto al mix energetico ed al contesto produttivo locale. Ad esempio, il calore rinnovabile ad alta temperatura ottenuto in impianti solari a concentrazione può essere utilizzato per alimentare cicli termochimici di *water splitting* (ovvero scissione della molecola di acqua in idrogeno ed ossigeno). Sempre nell'ambito dei processi termochimici, è anche possibile adattare i processi di produzione di idrogeno convenzionali basati sulla trasformazione di fonti carboniose (ad es. lo *steam reforming*) all'alimentazione con energia e materie prime rinnovabili, quali biogas o biometano. Quest'ultimo approccio, che presuppone un cambiamento meno radicale nei sistemi produttivi rispetto agli altri considerati, potrebbe essere accolto con maggior favore dall'industria nel breve periodo, consentendo di valorizzare almeno parzialmente

know-how e asset già disponibili. ENEA ha raccolto la sfida dell'idrogeno verde ed è in prima fila per lo sviluppo di processi di produzione innovativi pienamente sostenibili basati su molte delle principali tecnologie sopra elencate. In particolare, nell'ambito del proprio piano triennale di realizzazione 2019-2021 presentato per la Ricerca di Sistema Elettrico, ENEA sta portando avanti numerose linee di attività che mirano alla realizzazione e validazione, su scala di laboratorio, di quattro processi innovativi potenzialmente più efficienti dell'elettrolisi alcalina e PEM o in grado di essere alimentati con fonti energetiche diverse. In particolare, le tecnologie considerate sono l'elettrolisi AEM, l'elettrolisi del vapore in carbonati fusi, i cicli termochimici di *water splitting* e il *reforming* del biogas a bassa temperatura.

Le sfide per lo sviluppo dell'idrogeno verde

In passato, l'elevato costo dell'ener-

gia prodotta da fonte rinnovabile era considerato come il principale deterrente per lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno. Con la rapida decrescita del costo di produzione da fotovoltaico ed eolico (meno 80% dal 2010 al 2018 per il fotovoltaico in Italia; fonte: IRENA), che ormai, in diversi contesti, risultano competitivi o addirittura più economici dei sistemi basati su fonti fossili, risulta evidente che le sfide da affrontare sono oggi di altra natura. L'agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) ha individuato tre principali categorie di problemi da risolvere affinché l'idrogeno assuma effettivamente un ruolo da protagonista nei sistemi energetici. In primo luogo c'è l'incertezza politica e tecnologica: attualmente molte applicazioni per l'idrogeno verde non sono competitive senza supporto pubblico e in assenza di impegni chiari, vincolanti e di prospettiva ragionevolmente lunga da parte dei Governi; lo sviluppo di progetti innovativi potrebbe quindi non essere sufficientemente attrattivo dal punto di vista finanziario. In

secondo luogo, vanno affrontate la complessità della catena del valore e la necessità di sviluppo di un'infrastruttura adeguata al trasporto e alla distribuzione. Infine, è necessaria la definizione di regolamentazioni e standard condivisi ed accettati a livello internazionale. È chiaro che la soluzione di questi problemi può essere trovata solo attraverso uno sforzo condiviso e coordinato tra diversi Paesi e settori produttivi.

(*) *Massimiliano Della Pietra e Stephen McPhail, Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno; Luca Turchetti, Laboratorio Sviluppo Componenti e Impianti Solari; Giulia Monteleone, Responsabile del Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno.*

BIBLIOGRAFIA

SNAM, The-H₂-challenge-Position-Paper, 10-11 ottobre 2019

IEA (International Energy Agency), The future of hydrogen, Report prepared by the IEA for the G20, Japan, giugno 2019
SIMTE report, Hydrogen production and logistics, Massimiliano Della Pietra, Stephen Mcphail, gennaio 2018,

<http://simte.enea.it/tecnologie.php?idSettore=1&idBrief=58#card>

Hydrogen from renewable power. Technology outlook for the energy transition. Report IRENA, settembre 2018

IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2018, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2019

Tecnologie e prospettive del Power to Gas

La roadmap energetica a livello europeo e nazionale prevede un progressivo aumento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non programmabili. In questo contesto, le tecnologie di accumulo ricoprono un ruolo essenziale e, tra esse, il Power to Gas che sfrutta la conversione da energia elettrica in energia chimica sotto forma di idrogeno gassoso che, a sua volta, può essere trasformato in metano. Questa tecnologia, integrando la rete elettrica e del gas, potrà garantire una maggiore sostenibilità del sistema energetico nazionale attraverso la decarbonizzazione dei settori di produzione e di uso finale dell'energia.

DOI 10.12910/EAI2020-041

di **Paolo Deiana, Claudia Bassano, Paola Gislon**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (*)

La roadmap energetica a livello europeo [1] e nazionale prevede per i prossimi decenni un progressivo aumento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non programmabili. Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) propone di incrementare il target delle rinnovabili al 30% del consumo finale lordo di energia. Per raggiungere tale obiettivo è necessario individuare soluzioni tecnologiche che permettano il pieno sfruttamento delle rinnovabili, tra queste le tecnologie di accumulo. **In tale ambito è rilevante esplorare costi e benefici del Power to Gas (PtG), che consente di ridurre eventuali asimmetrie tra la produzione elettrica rinnovabile e la domanda di energia, specialmente per alti livelli di penetrazione delle rinnovabili.**

Power to Gas: necessità e prospettive

Il ruolo delle tecnologie PtG nella decarbonizzazione del sistema energetico italiano viene evidenziato anche nel

Documento di Descrizione degli Scenari Terna – Snam (DDS) 2019, negli scenari elaborati congiuntamente dai due TSO per lo sviluppo coordinato delle reti elettrica e gas. Lo scenario più ambizioso prevede un ruolo crescente dei gas verdi e decarbonizzati arrivando a delineare al 2040 una domanda di gas green pari a 6,5 miliardi di m³/anno tra metano sintetico e idrogeno. **Una crescente integrazione delle reti elettriche e gas, il sector coupling, permetterà di perseguire gli obiettivi di sicurezza e di flessibilità del sistema energetico.**

Il PtG sfrutta la conversione da energia elettrica in energia chimica sotto forma di idrogeno gassoso prodotto da un elettrolizzatore (nella variante PtH - Power to Hydrogen), oppure in una seconda opzione, nota come PtM (Power to Methane), sotto forma di metano sintetico. Come illustrato dalla Figura 1, il PtG si sviluppa in un quadro di sector coupling consentendo il passaggio da un vettore energetico all'altro. L'idrogeno prodotto può essere utilizzato localmente in un processo industriale, in una stazione

di rifornimento destinata alla mobilità, oppure essere immagazzinato per essere successivamente riconvertito in elettricità con celle a combustibile.

L'idrogeno può essere anche iniettato direttamente nella rete del gas naturale. La capacità dell'infrastruttura della rete gas di trasportare crescenti percentuali di idrogeno attende ancora di essere verificata. La quantità di idrogeno iniettabile nell'attuale rete gas è infatti limitata per diversi motivi quali compatibilità con le infrastrutture e gli utilizzi finali, sicurezza, eventuali perdite etc. In quest'ambito la normativa sia a livello europeo che dei singoli Stati membri è in evoluzione [3].

La possibilità data dal Power To Methane di utilizzare l'idrogeno nel processo di metanazione dell'anidride carbonica (proveniente da gas che la contengono come biogas, syngas da gassificazione o da effluenti industriali, gas di suolo, fino all'aria atmosferica), mediante la reazione di Sabatier, per produrre gas naturale sintetico (SNG - synthetic natural gas), offre ulteriori possibilità all'approccio PtG. La sintesi di metano riduce l'efficienza comples-

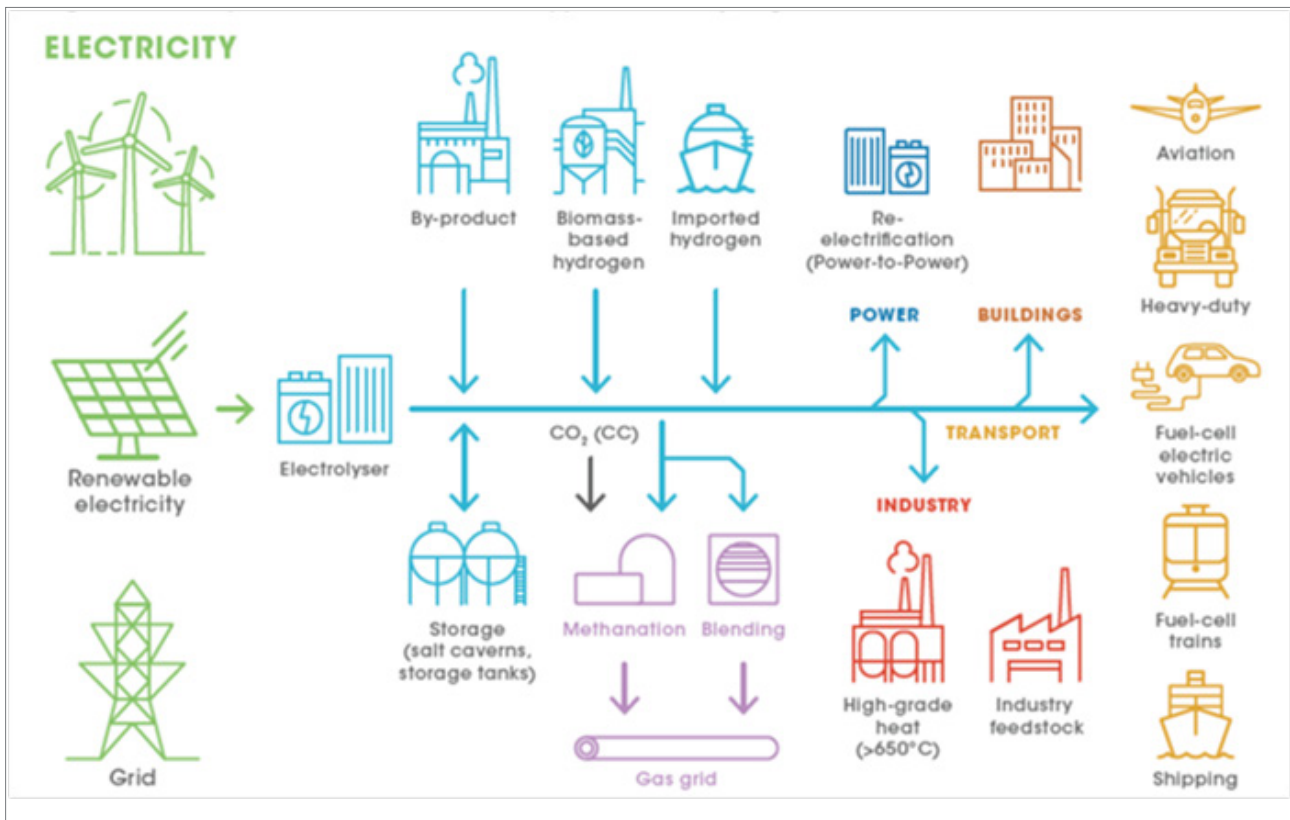


Fig. 1 Schema della filiera tecnologica PtG -Fonte [2]

siva di circa 5-8 punti percentuali: tuttavia, il prodotto finale è in tutto simile al gas naturale. Il vantaggio principale è che il metano così prodotto è iniettabile immediatamente e al 100% nella rete gas. Pertanto, rispetto all'idrogeno, le tecnologie di distribuzione e l'insieme degli utilizzatori finali sono già disponibili e la diffusione nel breve periodo come tecnologia abilitante per la transizione è agevolata, soprattutto in un Paese come l'Italia che può vantare una rete di distribuzione gas estesa e capillare. Nel caso in cui l'energia elettrica utilizzata provenga da fonti rinnovabili, l'idrogeno prodotto è un gas rinnovabile. Nel caso in cui anche l'anidride carbonica (o il gas che la contiene) sia di origine rinnovabile, anche il metano prodotto è un gas rinnovabile. Non dà luogo infatti a emissioni climalteranti in quanto utilizza carbonio proveniente dal ciclo biologico e/o dall'atmosfera.

Tecnologie e impianti

Il PtG non è in realtà una singola tecnologia, bensì un insieme di più processi e tecnologie. Il passaggio da energia elettrica a combustibile gassoso avviene attraverso più passaggi: produzione, accumulo e utilizzo di idrogeno, cattura e separazione dell'anidride carbonica necessaria per eventuali processi di metanazione (catalitici e/o biologici), trattamento e purificazione dei gas, compressione e immissione in rete. La produzione di idrogeno è attuata dall'elettrolisi dell'acqua che richiede un grande apporto energetico esterno. Attualmente vi sono tre differenti tecnologie di elettrolisi che possono essere considerate commercialmente mature, basate rispettivamente su elettrolizzatori alcalini (AEL), elettrolizzatori a membrana elettrolita polimerica (PEM) ed elet-

trolizzatori ad ossidi solidi (SOEC). L'elettrolisi alcalina, tra tutte, è la tecnologia più matura e si avvale di una soluzione alcalina (KOH o NaOH) a pressione atmosferica o leggermente superiore. L'elettrolisi PEM è relativamente nuova (nel 1978 il primo elettrolizzatore commerciale) e si basa su membrane polimeriche a scambio protonico. L'elettrolisi ad ossidi solidi (nota anche come elettrolisi ad alta temperatura, 700-800 °C) è la tecnologia più recente. Un suo vantaggio è la reversibilità di funzionamento che in sistemi PtG potrebbe essere utilizzata per "restituire" energia elettrica alla rete quando necessario. La metanazione termochimica è un processo catalitico che si attua tra 250 e 550 °C e pressioni elevate [4]. La reazione è fortemente esotermica, per cui il controllo della temperatura è la sfida più complessa; d'altro canto l'esotermicità della

reazione permette di avere come sottoprodotto, oltre ai prodotti di reazione, anche una notevole quantità di calore, che può essere utilizzato all'interno del sistema PtG, per esempio nel caso in cui la CO₂ provenga da upgrading di biogas da digestione anaerobica, in processi industriali di svariato tipo o in soluzioni quali una rete di teleriscaldamento locale o serre. Gli impianti si avvalgono di reattori a letto fisso refrigerati o adiabatici multistadio.

Una seconda opzione per l'idrogenazione della CO₂ è data dalla metanazione biologica, in cui microrganismi metanogeni come ad esempio gli *Archaea* fungono da biocatalizzatori, a temperature tra 20 e 70 °C a pressioni maggiori di quella atmosferica. Le due tecnologie di metanazione possono rivelarsi complementari; la metanazione termochimica, più costosa, è realizzata con sistemi più compatti e offre risposte più immediate e una maggiore dinamicità di processo; soffre però di una maggiore sensibilità alle impurezze presenti nei gas reagenti. Gli accumuli dell'idrogeno e della CO₂ consentono di disaccoppiare l'impianto PtG dalla fornitura di energia elettrica rinnovabile e incrementare le ore di esercizio.

Punti di forza e debolezze

Il PtG consente la decarbonizzazione dei settori di produzione e uso finale dell'energia, di immagazzinare energia su tempi lunghi, anche stagionali, di trasportarla e distribuirla anche su lunga distanza, incrementando la resilienza e la sicurezza del sistema energetico. Difatti, favorendo la penetrazione delle rinnovabili elettriche, le tecnologie PtG consentono l'accumulo di energia elettrica in vettori energetici al 100% rinnovabili in sostituzione di quelli convenzionali di origine fossile, in una cornice di decarbonizzazione degli usi finali dell'energia, specie per i settori difficilmente elettrificabili come parte dell'industria e del trasporto. **Un ulteriore valore aggiunto del PtG è la**

possibilità di utilizzare le infrastrutture gas esistenti riducendo la necessità di implementare pesantemente la rete elettrica. Tali caratteristiche consacrano il PtG come sistema affidabile e versatile per accumulare energia e fanno pendere il piatto della bilancia decisamente a favore dell'introduzione del PtG nel sistema energetico italiano. **Nel piatto dei "contro" troviamo ostacoli di natura tecnica, economica e normativa, che hanno frenato fino ad ora la diffusione di tale tecnologia.**

Tra le sfide tecnologiche, lo sviluppo di elettrolizzatori efficientemente operativi in regimi altamente dinamici, l'ottimizzazione del recupero termico nel metanatore catalitico, la riduzione dei volumi nei metanatori biologici, l'integrazione dei diversi processi. In particolare, sull'ottimizzazione degli elettrolizzatori lo sforzo comunitario è notevole: il processo di elettrolisi dell'acqua è altamente energivoro, l'efficienza degli attuali elettrolizzatori si attesta nel range 65-85%, a seconda del tipo e taglia, gli impianti hanno potenze massime di decine di MWe e costi di circa 650 €/kWe per gli alcalini e 950 €/kWe per i PEM; l'obiettivo dichiarato nei prossimi bandi dello "European Green Deal" è raggiungere taglie di elettrolizzatori compatibili con impianti di produzione da rinnovabili di 100 MWe, con consumi energetici di 49 (efficienza 67%) e 52 (64%) kWh/kg H₂, rispettivamente per elettrolizzatori alcalini e PEM, con costi di installazione (CAPEX) rispettivamente di 480/kW e 700 €/kW [5]. In un impianto tipico PtM considerando un CAPEX 2500-3000 euro/kWe le voci di costo sono generalmente suddivise per il 40% elettrolizzatore, 20% metanatore, 40% storage, piping, connessioni alle reti, opere civili e Balance of Plant.

Gli alti costi rispetto ai gas ottenuti da idrogeno e metano fossili rappresentano un indubbio svantaggio, a cui incentivi governativi potrebbero rimediare, specie nella fase di assessment e sviluppo tecnologico. È ancora in fase di elaborazione la nor-

mativa che permetterà di utilizzare, immagazzinare e trasportare idrogeno. Anche un sistema di certificazione e garanzia d'origine "verde" per metano e idrogeno potrebbe consentire lo sviluppo delle tecnologie e superare il gap di costo. **Azioni abilitanti dovranno consentire il superamento di barriere tecniche, economiche, finanziarie e normative.** In quest'ambito il ruolo della governance, della ricerca e degli stakeholder industriali e il loro coinvolgimento sinergico sarà fondamentale. Tra le azioni concrete per ridurre il divario con le tecnologie convenzionali si possono includere lo sviluppo e la validazione di prototipi dimostrativi della tecnologia in piccole comunità energetiche, e un piano di ricerca finalizzato.

Prospettive e motivazioni allo sviluppo

Le motivazioni allo sviluppo nel sistema energetico italiano includono aspetti strategici come una maggiore stabilità della rete elettrica e la riduzione della dipendenza dell'Italia dai Paesi produttori di combustibili fossili. Nel contesto italiano sono molteplici gli stakeholder già attivi sulle tecnologie PtG, a conferma del fatto che l'interesse è elevato, anche a fronte di potenziali ricadute positive sul tessuto industriale. L'introduzione degli impianti PtG potrebbe portare benefici legati allo sviluppo di una nuova filiera industriale sia come utilizzatori finali delle tecnologie (i settori energetico, chimico e dell'industria impiantistica, i produttori di energia elettrica e gas da fonti rinnovabili oltre che i grandi emettitori/produttori di CO₂) che come fornitori. Le attività di ricerca e sviluppo, tramite progetti pilota di PtG sono essenziali, come peraltro riportato dal Piano Energia e Clima. L'ENEA individua il PtG come una tecnologia promettente per la transizione energetica, al fine di adeguare il sistema energetico italiano ed af-

frontare le sfide legate alla sostenibilità ambientale, economica e sociale. In ENEA esiste un know-how tecnologico che parte dalle attività su progetti specifici [6] e spazia dai materiali (membrane per elettrolizzatori e celle a combustibile, catalizzatori per la reazione chimica di sintesi del metano) allo studio dei processi tramite impianti in scala ridotta, dalla proget-

tazione ad analisi predittive, alle competenze in ambito normativo e di modellistica della rete elettrica e gas. Su questi temi recentemente l'Agenzia ha proposto al Tavolo Idrogeno, istituito presso il MISE, il Centro di Ricerche della Casaccia come **incubatore tecnologico in cui realizzare un ecosistema idrogeno (Hydrogen Valley)** per la validazione sperimentale dei

diversi anelli della filiera dell'idrogeno. Sempre in quest'ambito, ENEA ha siglato due Accordi di Collaborazione con Snam e SGI, tra i più importanti TSO del settore gas in Italia.

(*) *Paolo Deiana, Claudia Bassano, Paola Gislone, Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno.*

BIBLIOGRAFIA

1. EU COM (2018) 773. A Clean Planet for all – A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, In-depth analysis in support of the communication
2. IRENA. Innovation landscape brief: Renewable Power-to-Hydrogen. 2019
3. I 'colori' dell'idrogeno nella transizione energetica. Massimiliano Della Pietra, Stephen McPhail, Luca Turchetti, Giulia Monteleone, Energia Ambiente e Innovazione (in questo numero)
4. Götz M, et al. 2016. Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review. *Renew Energy* 2016;85:1371–90. Elsevier
5. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/european-green-deal/call/clean-affordable-and-secure-energy_en
6. ENEA, Progetti qSOFC, INNOSOFC, NELLHI, BALANCE, FCTSQA, SOCTESQA, HyLaw, +GAS (<http://progettiue.enea.it/>)

Tecnologie e sistemi per l'accumulo elettrochimico dell'energia

La decarbonizzazione del settore energetico è una delle sfide scientifiche, sociali ed economiche più rilevanti del XXI secolo che investe anche la transizione alla mobilità elettrica e la possibilità di sfruttare al meglio l'energia, in particolare quella da fonti rinnovabili. In questo contesto, il ricorso agli accumulatori elettrochimici può risultare determinante grazie alla loro flessibilità, modularità e semplicità di utilizzo. La ricerca ENEA è impegnata nello sviluppo di nuove tecnologie di accumulo per incrementare le prestazioni delle batterie, con l'obiettivo di accrescere l'efficienza energetica, le funzionalità e ridurre i costi, sia in ambito veicolare che stazionario.

DOI 10.12910/EAI2020-042

di **Pier Paolo Prosinì, Margherita Moreno, Francesco Vellucci**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA (*)

L' **aumento della domanda di energia elettrica e le ricadute ambientali e sociopolitiche legate all'uso estensivo ed alla scarsità dei combustibili fossili stanno favorendo la produzione di energia da fonti rinnovabili. Le energie rinnovabili, purtroppo, non sono fonti costanti ed affidabili di energia ed il loro impiego impone sfide significative per la corretta gestione della rete elettrica. Per livellare l'intermittenza della produzione di energia rinnovabile e favorirne l'utilizzazione, risulta necessario accoppiarle con sistemi per lo stoccaggio di energia elettrica (Electrical Energy Storage Systems - EESS). Lo sviluppo degli EESS è considerato un fattore chiave per la realizzazione ed il corretto funzionamento della rete elettrica del futuro (smart grid), che dovrà essere in grado di integrare una quantità sempre più significativa di energia da fonti rinnovabili. Ad oggi, la maggior preoccupazione sull'uso diffuso degli EESS riguarda il loro costo, che risulta ancora elevato. Infatti, mentre alcuni EESS**

potrebbero già essere competitivi per applicazioni di nicchia, una sostanziale riduzione dei costi è necessaria affinché gli EESS trovino vasta applicazione nella rete elettrica. Anche per lo sviluppo e la diffusione su larga scala dei veicoli elettrici, il sistema di accumulo dell'energia assume un ruolo fondamentale: sebbene siano già in commercio numerosi modelli di auto elettriche, rimangono ancora allo studio determinate tematiche come l'incremento della percorrenza, la rapidità di carica, la durata ed il costo.

Richieste e requisiti prestazionali dei EESS

I requisiti prestazionali degli EESS in applicazioni stazionarie dipendono dai mercati applicativi che sono ampi e variano in potenza ed energia. Ad esempio, per regolare la frequenza non servono grandi capacità di accumulo - un tempo dell'ordine dei minuti potrebbe essere sufficiente - ma il sistema deve presentare una risposta rapida ed una lunga vita ciclica. Al contrario, per applicazioni

“energy intensive” occorrono capacità di stoccaggio elevate (dell'ordine delle decine o centinaia di MWh) e tempi di scarica variabili da 1 fino a 10 ore. La Figura 1 mostra le aree di utilizzo e la classificazione energetica di varie applicazioni. Inoltre, **gli EESS possono essere usati per migliorare l'efficienza economica dell'infrastruttura elettrica spostando il surplus di energia dai periodi di picco ai periodi in cui maggiore è la richiesta.** Come mostrato nella Figura 2, l'energia elettrica può essere accumulata nei momenti in cui c'è un eccesso di produzione e rilasciata nelle ore in cui è maggiore il fabbisogno. Nel settore *automotive*, il passaggio dalle motorizzazioni convenzionali a favore di quelle elettriche richiede sistemi di accumulo elettrochimico sempre più performanti per colmare il divario prestazionale che separa i veicoli a combustione interna da quelli elettrici: autonomia, tempi di rifornimento, vita e costo di acquisto. **Energia e potenza giocano un ruolo fondamentale: da un lato la necessità di aumentare l'autonomia dei veicoli**

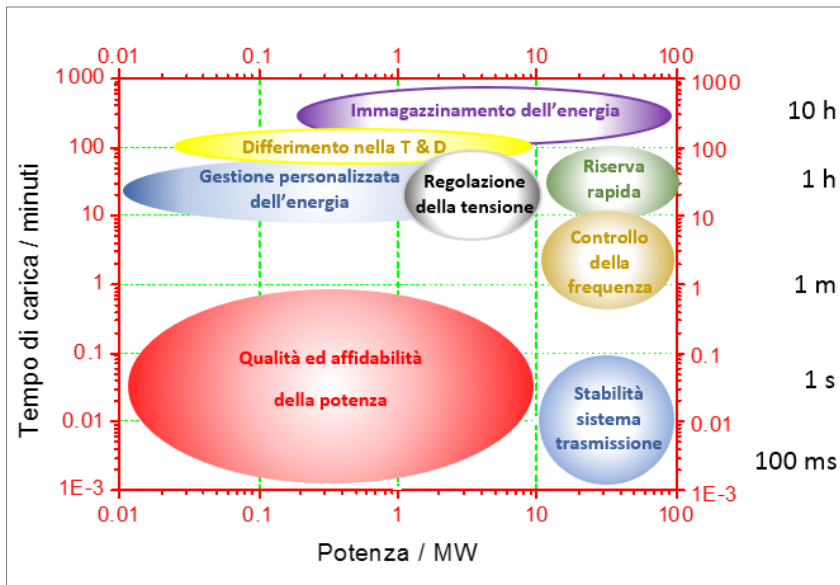


Fig. 1 Requisiti di durata e potenza di carica per varie applicazioni

elettrici richiede d'incrementare la capacità delle batterie (le auto elettriche che già oggi si trovano in commercio hanno a bordo sistemi d'accumulo da 40 a 120 kWh) dall'altro l'esigenza della carica rapida e l'opportunità del recupero energetico in frenata richiedono batterie in grado di accettare alte correnti di carica. La vita delle batterie nei reali profili d'uso, ove si alternano repentinamente fasi di carica e scarica, è un altro dei temi maggiormente all'attenzione. Infine, il costo delle batterie, seppur in continua discesa, è il principale fattore che ancora oggi rende i veicoli convenzionali sensibilmente più economici di quelli elettrici.

Tecnologie per l'accumulo stazionario e per applicazioni veicolari

Gli EESS possono essere classificati in due gruppi: nel primo l'energia elettrica è immagazzinata tal quale, mentre nel secondo gruppo sono compresi i sistemi che trasformano l'energia elettrica in un'altra forma di energia e poi nuovamente in elettrica (Figura 3). Per la loro versatilità, modularità e semplicità di utilizzo, le batterie

rappresentano uno degli EESS più utilizzati. Alcune batterie, sviluppate negli anni passati per usi differenti, si sono dimostrate adatte anche per applicazioni di rete. Ad esempio, le batterie al piombo-acido (Valve Regulated Lead Acid- VRLA) sono state utilizzate come EESS nella centrale eolica di Shiura, in Giappone, generando una potenza di picco di 4,5 MW con una capacità nominale di 10,5 MWh. Con la più recente tecnologia di batterie al piombo-acido (Advanced Lead Carbon - ALC) sono stati realizzati

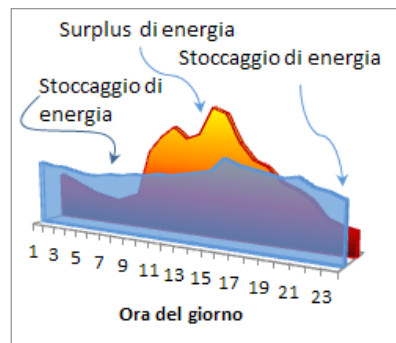


Fig. 2 Schema di bilanciamento della generazione elettrica solare (in arancio) e della domanda (in celeste) tramite spostamento del carico ottenuto tramite sistemi di accumulo

circa 35 siti di accumulo stazionario. Tra questi, il Notrees Wind Storage Demonstration Project (North Carolina) può fornire 36 MW di potenza di picco ed una capacità di stoccaggio di 24 MWh. Il sistema di stoccaggio di energia della Golden Valley Electric Association in Alaska utilizza batterie Ni-Cd. Il sistema può fornire 27 MW di potenza per 15 minuti.

Anche le batterie al litio sono state utilizzate come elemento attivo dei EESS. Esistono oltre 600 siti che utilizzano batterie litio-ione per lo stoccaggio dell'energia, di cui circa un 10% hanno potenza superiore ai 10 MW. Sono attivi circa una sessantina di siti che utilizzano batterie redox a flusso. Tra questi il Minami Hayakita presenta un sistema di batterie al vanadio da 15 MW. Infine, un ultimo gruppo di batterie sono le batterie sodio-zolfo (NaS). 108 MW di potenza basati su batterie NaS sono utilizzati ad Abu Dhabi per la gestione delle richieste della rete elettrica.

In Italia, Terna ha avviato due progetti di stoccaggio energetico. Il primo, pensato per alleviare la congestione di rete in Campania, presenta un impianto di batterie NaS da 35 MW di potenza. Il secondo ha lo scopo di incrementare la sicurezza del sistema elettrico delle isole maggiori tramite 40 MW di accumulo con caratteristiche "Power Intensive".

Anche Enel si è trovata ad affrontare il problema dell'accumulo. Infatti, in rete vi sono diversi impianti di produzione di piccola potenza distribuiti sul territorio (generazione diffusa) allacciati prevalentemente alla rete di bassa e media tensione. La soluzione escogitata per gestire questo nuovo contesto è l'adozione di una differente modalità nella distribuzione di energia elettrica implementando le cosiddette reti intelligenti o "smart grid".

Batterie al litio e nuove tecnologie

In ambito veicolare, le batterie al litio risultano ormai predominanti e lo ri-

marranno ancora per diversi anni in attesa che le ricerche possano fornire nuove soluzioni capaci di migliori prestazioni. Tuttavia si assiste ad un continuo avanzamento delle performance attraverso l'adozione di anodi e catodi avanzati, capaci di incrementare le densità di energia e/o potenza, ridurre i fenomeni di invecchiamento, garantire condizioni di sicurezza maggiori e sostenibilità dei processi produttivi. Ad esempio la tecnologia NMC (Nickel Manganese Cobalto), che rappresenta la chimica più utilizzata sulle batterie delle auto elettriche, sta lasciando il posto a materiali con una forte riduzione della quantità di cobalto a favore di una quota superiore di nickel. Questa riduzione nasce, oltre che dalla scarsa disponibilità del cobalto, anche da preoccupazioni di carattere etico, sollevate dalle condizioni di estrazione del minerale in cui spesso sono coinvolti minori. Il naturale competitor della chimica NCM è la tecnologia NCA (Nickel Cobalto Alluminio) che presenta caratteristiche simili alla NMC, ovvero alta energia specifica, buona potenza specifica e lunga vita ciclica. Dal lato anodico si ricercano materiali ad elevata capacità quali il silicio che presenta, infatti, una capacità di un ordine di grandezza superiore a quella della grafite, comunemente usata come anodo nelle attuali batterie litio-ione. Purtroppo, le tensioni meccaniche generate durante il processo di alligazione conducono alla frammentazione del materiale e al rapido declino delle prestazioni. Per superare questo inconveniente si stanno studiando materiali nanostrutturati o composti silicio/carbonio in grado di sopportare meglio gli stress meccanici. Infine, lo sviluppo di elettroliti solidi (polimerici, inorganici o ibridi) va nella direzione del miglioramento delle prestazioni delle batterie al litio, sia per quanto riguarda una maggiore sicurezza, sia per la possibilità di usare il litio metallico come anodo: il litio possiede una capacità paragonabile al silicio, ma il suo utilizzo è reso problematico dal-

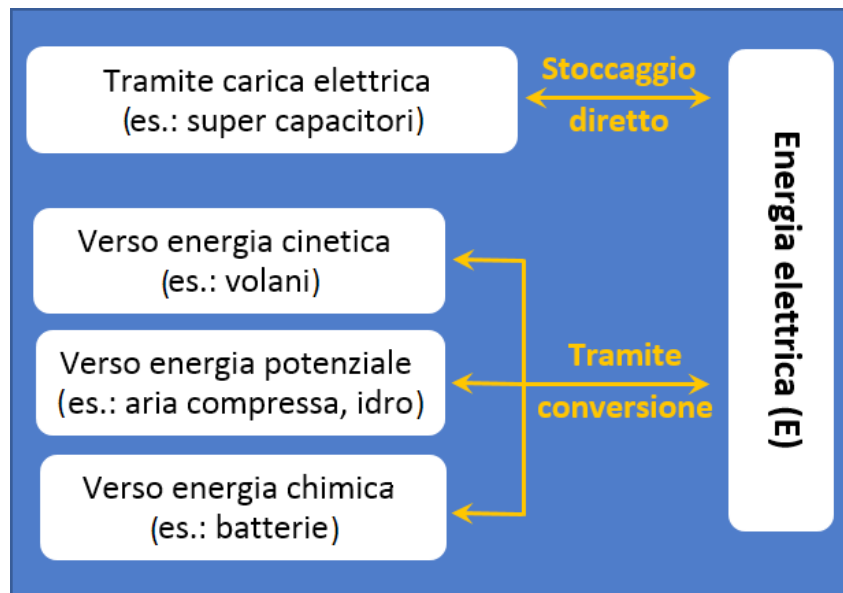


Fig. 3 Classificazione dei sistemi potenzialmente utilizzabili per accumulare energia elettrica per applicazioni stazionarie

la possibile formazione di dendriti in grado di innescare pericolosi cortocircuiti interni.

La Ricerca di Sistema Elettrico

La "Ricerca di Sistema Elettrico" rappresenta la principale fonte di finanziamento nazionale per rispondere alle esigenze della propulsione elettrica e della rete: tale programma prevede un insieme di attività di ricerca e sviluppo finalizzate a ridurre il costo dell'energia elettrica per gli utenti finali e migliorare l'affidabilità del sistema. Le attività di ricerca spaziano dalle celle fotovoltaiche innovative, alle reti intelligenti, dai sistemi di accumulo, alla gestione razionale della rete elettrica, dall'accumulo termico, alle tecnologie di stoccaggio elettrochimico. All'interno di questa attività di ricerca è previsto lo sviluppo di materiali e sistemi per batterie innovative ed attività sperimentali per riqualificare le batterie usate. Le attività di ricerca e sviluppo sui materiali vertono su quattro sistemi elettrochimici altamente innovativi: batterie litio-ione ad elevate prestazioni,

batterie litio-zolfo ad elevata capacità, batterie litio-aria ad elevata energia e batterie sodio-ione a basso costo. L'attività sperimentale si concentra anche sull'esecuzione di prove d'invecchiamento e la caratterizzazione di batterie per elettrotrazione esauste per dar loro una "seconda vita" (intesa come la possibilità di utilizzare queste batterie, dopo il loro utilizzo primario in ambito automotive, in applicazioni stazionarie). In ambito elettrotrazione, infatti, una batteria viene considerata esausta quando scende sotto l'80% della capacità iniziale, ma tale valore può essere ancora abbondantemente sfruttato per lo stoccaggio stazionario, prima di avviare la batteria al suo "fine vita" e al riciclo dei materiali.

Le iniziative internazionali

Le attività di R&I svolte a livello nazionale si aggiungono alle numerose iniziative internazionali messe in atto per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione del settore energetico. L'Italia, con l'ENEA specialmente, partecipa a vari

Nasce l'Italian Battery Alliance, alleanza ricerca-industria per rafforzare la competitività

di **Laura Moretti**

Sviluppare progetti, iniziative e collaborazioni fra ricerca e industria per accelerare lo sviluppo tecnologico e potenziare la competitività dell'industria italiana nel settore delle batterie avanzate e di nuova generazione. È uno dei principali obiettivi della Italian Battery Alliance, piattaforma tecnologica nazionale promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico per mettere insieme tutte le competenze presenti in questo campo e rafforzare la partecipazione alle iniziative europee e alle opportunità di finanziamento nel settore. La piattaforma riunisce imprese, associazioni, centri di ricerca, università e agenzie di finanziamento di ricerca e innovazione e sarà coordinata da ENEA già alla guida del gruppo di lavoro nazionale sulle batterie nell'ambito del SET Plan. L'Agenzia inoltre è attiva in diverse iniziative europee ed internazionali relative alla catena del valore delle batterie (celle, materiali, processi, tecnologie) quali IEA, ETIP Batteries Europe, European Energy Research Alliance JP-Energy Storage, Battery2030PLUS, e European Battery Alliance - EBA@250 che riunisce oltre 200 soggetti tra imprese, ricerca, investitori istituzionali.

Oltre a creare le condizioni per lo sviluppo di una indu-

stria competitiva delle batterie e accogliere le sollecitazioni degli stakeholder, l'Agenzia punta a definire una roadmap tecnologica nazionale in grado di soddisfare il fabbisogno della mobilità elettrica e di accumulo stazionario a supporto della rete elettrica, individuando le potenzialità di rafforzamento della value chain. Attraverso il coordinamento delle agende di ricerca e industria a livello nazionale e l'allineamento dei programmi di finanziamento pubblico, saranno inoltre definite le priorità nazionali di R&I di breve e lungo periodo.

Non solo. Nell'ambito dell'Accordo di Programma per la Ricerca di Sistema Elettrico finanziato dal MISE è stato avviato anche un network coordinato da ENEA, CNR e RSE sull'accumulo elettrochimico per uso stazionario e mobilità sostenibile, che riunisce università e centri di alto livello. Per quanto riguarda l'industria è invece attivo un gruppo nazionale con 28 industrie e 22 organizzazioni di ricerca, oltre ad associazioni di settore. La piattaforma italiana Italian Battery Alliance si inserisce nel più ampio quadro europeo che vede le iniziative anche di altri Stati membri, come la Germania che ha avviato vasti programmi di R&I per favorire il trasferimento all'industria e la nascita di cluster, infrastrutture di ricerca e centri di competenza, ma anche Francia e Slovacchia con iniziative similari (Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie, e Slovak Battery Alliance).

Programmi di Collaborazione Tecnologica dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, in particolare quello sui Veicoli Elettrici ed Ibridi e quello sulla Conservazione e l'Accumulo dell'Energia, ed è altresì impegnata nelle diverse azioni avviate dall'Unione Europea per favorire lo sviluppo di una capacità produttiva di batterie nel nostro continente: SET-Plan, ETIP BatteriesEurope, European Energy Research Alliance JP-Energy Storage, Battery2030PLUS, European Battery Alliance. Collocandosi ai vari livelli di maturazione tecnologica, queste azioni intendono supportare tutto il processo di sviluppo delle batterie, dalla ricerca di base fino alla fabbricazione, e tutta la catena del valore, in nome dei concetti di so-

stenibilità e circolarità. Un risultato di queste azioni è rappresentato dai due Progetti di Comune Interesse Europeo (IPCEI), uno già approvato dalla Commissione Europea e l'altro nella fase terminale della procedura di approvazione, per lo sviluppo di batterie innovative: i Paesi membri coinvolti, tra cui l'Italia in prima linea, si sono impegnati a finanziare dei grandi progetti che coprono dalla ricerca fino alla realizzazione di impianti pilota e primo sviluppo industriale. Questi progetti sono a trazione prettamente industriale, ma alcuni centri di ricerca, come l'ENEA, sono coinvolti con attività che riguardano lo *scale-up* e la realizzazione di linee pilota, con lo scopo di supportare e coadiuvare l'industria.

Conclusioni

La modernizzazione del sistema elettrico è necessaria per poter rispondere alle sfide che derivano dalla crescente richiesta di energia elettrica e della sua gestione, ivi compresa la necessità di integrare una maggior quota di energia proveniente da fonti rinnovabili. La rete elettrica del futuro dovrà senza dubbio soddisfare maggiori richieste di energia e flessibilità senza penalizzare le sue caratteristiche di affidabilità e resilienza. Le batterie impiegate nella propulsione elettrica dovranno altresì fornire livelli di prestazioni tali da consentire ai nuovi veicoli di raggiungere quei valori di autonomia, tempi di rifornimento, vita e costo che attualmente

li rendono meno attraenti rispetto a quelli convenzionali. A questo scopo, l'uso di nuovi sistemi di batterie potrà risultare determinante per soddisfare le ambizioni della trazione elettrica e migliorare le funzionalità della rete, riducendo i costi e garantendo un livello elevato di prestazioni ed affidabilità. Esistono numerose tecnologie potenzialmente utilizzabili per varie applicazioni veicolari e stazionarie e alcune sono già state dimostrate efficaci per determinate applicazioni. Ulteriori attività di ricerca, sviluppo e dimostrazione delle tecnologie esi-

stenti, e di quelle future, sono però necessarie per ottenere una migliore comprensione delle applicazioni dei sistemi batterie, per proporre nuove soluzioni e fornire conoscenze per l'ottimizzazione dei veicoli e della rete elettrica.

(*) *Pier Paolo Prosini, Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno, Responsabile del WP1 - Accumulo Elettrochimico, progetto 1.2 - Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e*

relative interfacce con le reti, Piano Triennale Ricerca di Sistema Elettrico 2019-2021; Margherita Moreno, Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno, vice coordinatore del Programma "Electrochemical Energy Storage" della European Energy Research Alliance, Francesco Vellucci, Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità Sostenibile, Referente nazionale per il settore Batterie nell'ambito del SET-Plan.

Le Smart Grid per un futuro energetico sostenibile e sicuro

Un futuro energetico sostenibile richiede un incremento significativo delle fonti rinnovabili e, implicitamente, l'ammodernamento delle reti elettriche in ottica Smart Grid. Infatti, è oramai diffusa la consapevolezza che per raggiungere gli obiettivi nazionali ed europei è essenziale integrare sempre più le fonti rinnovabili non programmabili – elemento cardine della transizione energetica – in modo sicuro ed affidabile nei sistemi elettrici, ammodernandoli e potenziandoli con il supporto di tecnologie informatiche e di comunicazione.

DOI 10.12910/EAI2020-043

di **Maria Valenti**, Responsabile Laboratorio Smart Grid e Reti Energetiche, ENEA - **Giorgio Graditi**, Direttore del Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA

L'energia sostenibile, accessibile e sicura dovrà essere il paradigma di sviluppo dei sistemi energetici futuri per preservare il nostro Pianeta e i suoi abitanti. L'elettificazione dei consumi energetici con un utilizzo diffuso e distribuito delle fonti rinnovabili e meccanismi di integrazione «intelligente» nelle reti elettriche, è uno degli strumenti fondamentali per realizzarlo: in breve, **un connubio tra fonti rinnovabili e Smart Grid, come presupposto implicito degli obiettivi energetici nazionali ed europei. Infatti, è oramai diffusa la consapevolezza che l'ammodernamento delle reti elettriche in ottica Smart Grid è essenziale per integrare le fonti rinnovabili non programmabili – elemento cardine della transizione energetica – in maniera sicura ed affidabile nei sistemi elettrici.**

Ma che cosa sono le Smart Grid? E come stanno cambiando le attuali reti? Le reti elettriche intelligenti, più comunemente note con il termine inglese di Smart Grid, contrariamente a quanto spesso si crede, non sono reti

elettriche sostitutive delle attuali reti di distribuzione, ma **un nuovo modo di utilizzare le reti preesistenti, opportunamente rinnovate e potenziate mediante l'utilizzo di tecnologie informatiche e di comunicazione.** Gli odierni sistemi elettrici (Figura 1), concepiti quando l'energia elettrica veniva prodotta principalmente dai combustibili fossili, sono essenzialmente reti unidirezionali progettate per veicolare flussi di potenza dai generatori convenzionali – centrali termoelettriche di grossa taglia attestate a livello di trasmissione e gestite dagli operatori di rete – agli utenti finali della rete di distribuzione con un approccio di tipo *top-down*.

Con il diffondersi di numerosi impianti di generazione a fonte rinnovabile non programmabile, di piccola taglia e dislocati lungo la rete di distribuzione (generazione distribuita), ai sistemi elettrici viene richiesto di funzionare come sistemi bidirezionali, riuscendo ad accogliere la produzione elettrica proveniente da molteplici nodi di generazione, generalmente non programmabili

a priori, ovvero non coordinabili centralmente dal gestore di rete di distribuzione. Pur tuttavia, in questo scenario gli operatori di rete si trovano a dover comunque garantire l'adeguatezza del sistema elettrico. Diviene, pertanto, fondamentale intervenire sulle attuali reti con processi di ristrutturazione e *smartizzazione*, economicamente sostenibili e attuabili in tempi ragionevolmente brevi, per accogliere quote crescenti di energie rinnovabili e generazione distribuita. E questi interventi risultano ancor più urgenti se si considera l'obiettivo di crescita delle rinnovabili introdotto dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima [1] con le fonti rinnovabili che, al 2030, dovranno coprire una quota del 30% dei consumi finali lordi di energia rispetto al 18,3% del 2017.

Le Smart Grid: un sistema integrato di reti elettriche e ICT

Pur non essendo disponibile una definizione univoca, le Smart Grid possono essere considerate reti in cui i flussi di dati fungono da *driver* per i flussi

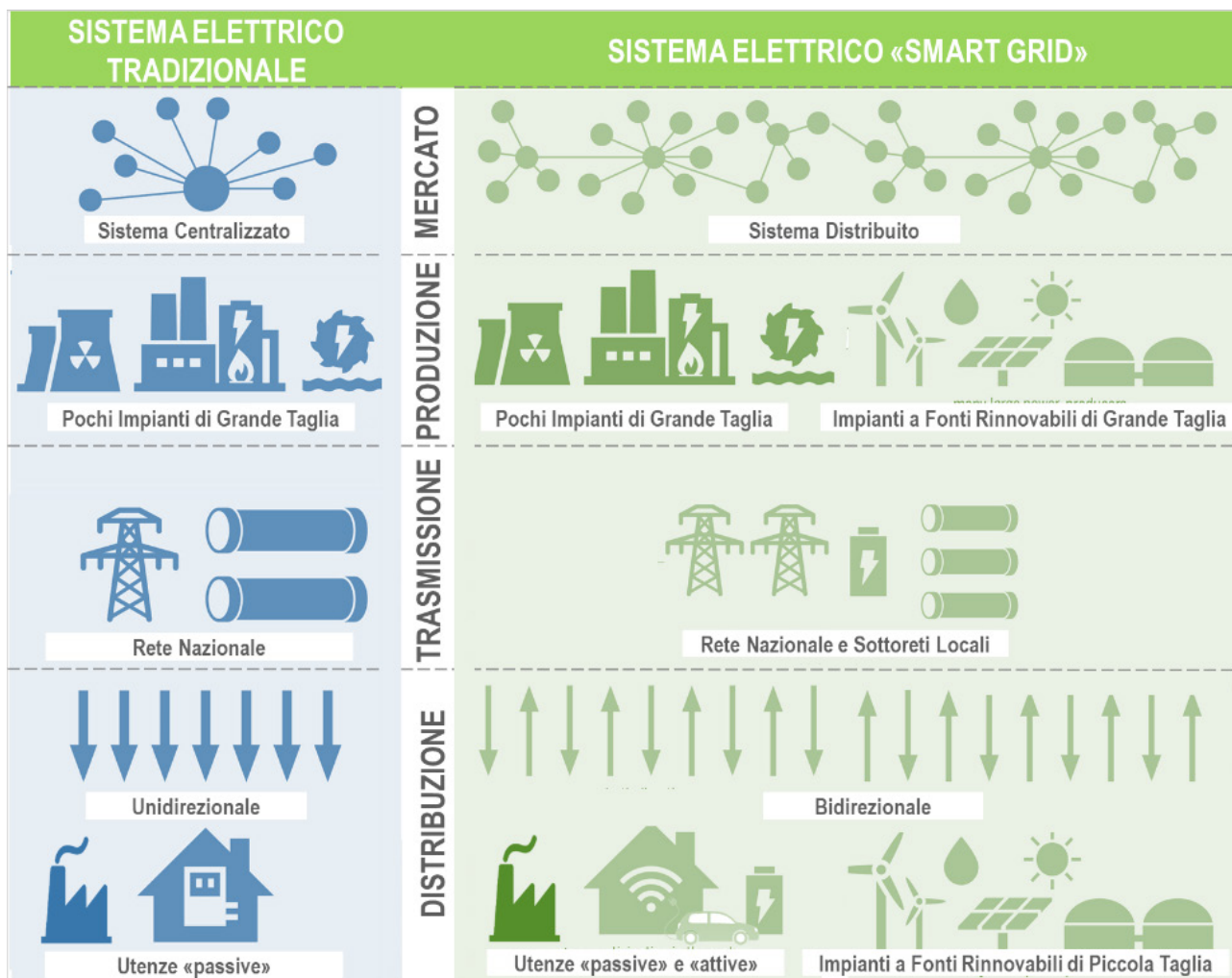


Fig. 1 Sistema elettrico tradizionale verso smart grid

energetici grazie alla sovrapposizione concettuale di più infrastrutture (Figura 2). In accordo con la definizione della IEA (International Energy Agency), una Smart Grid è un sistema di reti elettriche che utilizza la tecnologia digitale per monitorare e gestire il trasporto di elettricità da tutte le fonti di generazione per soddisfare le diverse richieste di energia elettrica degli utenti finali. Una logica centrale consente di coordinare le esigenze e le capacità di tutti i generatori, operatori di rete, utenti finali e parti interessate del mercato elettrico al fine di:

- **ottimizzare** l'utilizzo e il funziona-

mento delle risorse;

- **minimizzare** i costi e gli impatti ambientali;
- **massimizzare** l'affidabilità, la stabilità e la resilienza della rete.

Sensoristica di misura, dispositivi di attuazione e automazione, apparati informatici e di comunicazione rendono possibile lo scambio informativo e l'invio di segnali di comando, controllo e automazione dal sistema di gestione digitale - l'intelligenza della rete - agli apparati fisici dell'infrastruttura elettrica. I segnali di controllo ed attuazione inviati ai dispositi-

vi fisici della rete non rispondono più alla sola logica centralizzata ed unidirezionale dei sistemi tradizionali, ma sono il risultato di logiche di gestione avanzata che gestiscono, in tempo reale, i flussi di energia e potenza determinando i valori di *setup* «ottimali» per le risorse distribuite di generazione e carico. Basata su modellizzazione matematica, tecniche di intelligenza artificiale e programmazione avanzata, l'intelligenza di una rete smart:

- consente un **utilizzo coordinato delle risorse distribuite** contribuendo ad una effettiva **valorizzazione** delle stesse;

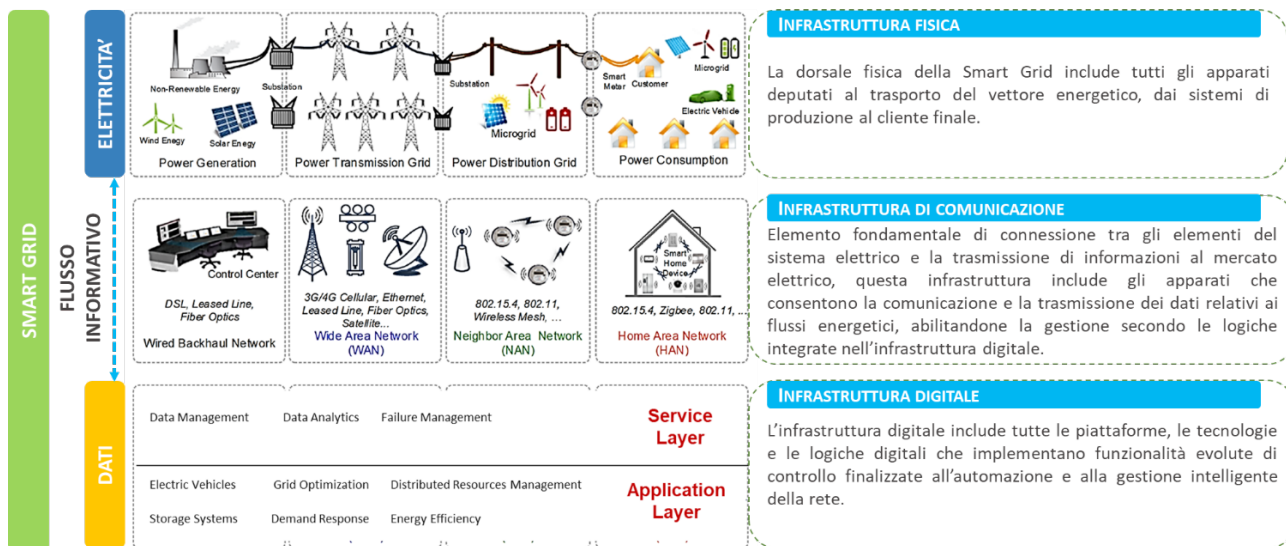


Fig. 2 Schema concettuale multilayer di una smart grid [2], [3]

- abilita l'integrazione in rete di quote crescenti di generazione non programmabili con benefici ambientali e maggior creazione di valore per tutta la filiera energetica.
- rende più flessibile il rapporto produttore-consumatore aprendo a nuovi meccanismi di offerta basati sul coinvolgimento attivo dell'utente (consumatore e prosumer) e favorendo alla formazione di comunità energetiche sia locali che diffuse.

Le Smart Grid nel contesto applicativo

Ad oggi, le applicazioni Smart Grid disponibili in contesto reale sono prevalentemente di tipo prototipale. Lo sviluppo effettivo su larga scala, infatti, è ancora ostacolato da barriere sociali, tecnologiche e normative, il cui superamento richiede lo sforzo congiunto dei diversi *stakeholder* coinvolti e non può prescindere da un costante impegno in termini di ricerca, innovazione e sperimentazione. A partire da questi presupposti, in ENEA è stato creato, all'interno del Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, il Laboratorio Smart Grid e Reti Ener-

getiche, un'unità focalizzata su studio, analisi e ricerca e sviluppo di tecnologie, metodologie e dispositivi per applicazioni nel settore delle Smart Grid e delle reti e microreti energetiche in presenza di poligenerazione distribuita e accumulo energetico. Al fine di validare i risultati della ricerca, non solo in ambiente di simulazione, nei laboratori del Centro Ricerche ENEA di Portici è stata progettata e realizzata una nanogrid sperimentale.

La nanogrid costituita da bus in corrente alternata (AC) e corrente continua (DC) che operano a diversi livelli di tensione (bassa e media), permette di emulare diversi scenari energetici e validare specifiche configurazioni di rete, dispositivi di controllo e protezione, strategie di gestione basate su tecniche di ottimizzazione multi-obiettivo e algoritmi di intelligenza artificiale per la previsione dei carichi e della generazione¹. Numerosi generatori, sistemi di accumulo e carichi rigenerativi, oltre a fonti di generazione rinnovabile reali e/o emulati (fotovoltaico, eolico ecc.) e una stazione di ricarica per veicoli elettrici, realizzano l'infrastruttura. Inoltre, al fine di ricreare un ambiente empirico «rappresentativo» del contesto reale

delle reti elettriche, a breve anche alcune utenze domestiche saranno oggetto della sperimentazione della nanogrid, ovvero saranno dotate di apparati di misura e sensoristica per lo scambio di informazioni circa i propri dati di consumo ed i parametri ambientali: in tal modo sarà possibile emulare e sperimentare «reali» aggregazioni di utenze, che rappresentano un elemento cardine nella transizione verso nuovi modelli energetici nel breve periodo.

Quali prospettive, dunque, per le Smart Grid? Nel futuro saranno reti energetiche integrate e multivettore, in cui logiche digitali, avanzate e ancor più articolate di quelle sopra descritte, consentiranno una gestione integrata e coordinata dei fabbisogni energetici (termico ed elettrico), favorendo uno sfruttamento ancora più efficace della generazione da fonti rinnovabili, garantendo adeguati livelli di resilienza e flessibilità del sistema e facilitando, così, il raggiungimento dei target fissati nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Proprio alla luce di tale evoluzione, è già in fase di progettazione l'ampliamento ed integrazione della nanogrid in essere con una rete termica.

- ¹ Progetto H2020 Interplan, Progetto ComESto-Community Energy Storage - PON ricerca e innovazione 2014 - 2020 MIUR - ARS01_01259; Progetto Modelli e strumenti per incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di produzione, trasporto, distribuzione dell'elettricità - Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale 2019-2021

BIBLIOGRAFIA

1. https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf
2. Rajalingham G., Gao Y, Ho Quang-Dung, Le-Ngoc T. "Quality of service differentiation for smart grid neighbor area networks through multiple RPL instances", Conference: 10th ACM International Symposium on QoS and Security for Wireless and Mobile Networks DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2642687.2642695> (2014)
3. S. Clerici, Le linee Guida per l'ACB delle Smart Grid, Seminario ANIE (2018)

Resilienza digitale e sinergia nella città e nelle comunità urbane

Dopo il primo decennio di sperimentazione il paradigma delle smart cities sta evolvendo sulla spinta della necessità di passare da una fase 'prototipale' ed applicata a singoli aspetti ed a piccole aree della città, ad una fase di *rollout* su intere città e territori. Il filo conduttore del processo risiede nella rifondazione di un concetto di 'integrazione' che possa abilitare la nascita di un ecosistema urbano interoperabile sul quale poggiare i futuri interventi. Nuove ambizioni si sono aggiunte agli obiettivi identificati nel passato, in particolare la capacità di sviluppare forme di resilienza innovative a fronte di eventi di portata globale e allo stesso tempo capillari, come è accaduto con l'epidemia di COVID-19.

DOI 10.12910/EAI2020-044

di **Mauro Annunziato**, Responsabile Divisione Smart Energy ENEA, co-fondatore del Joint Programme Europeo Smart Cities (EERA)

Il trend di urbanizzazione delle città ha avuto un ritmo di costante crescita dal 1950 in poi in ogni parte del mondo. In Europa la percentuale di urbanizzazione è attualmente intorno al 70% ed è previsto un incremento fin sopra l'80% nel 2050 (fonte: ONU World Urbanization Prospects 2018). La conseguenza è che *l'impronta ecologica* urbana è diventata di gran lunga la principale area di impatto ambientale delle attività antropiche. La rigenerazione sostenibile delle città esistenti si configura quindi come l'asse portante da percorrere per non solo per evitare le degenerazioni ambientali correlate dall'aumento di temperatura terrestre, ma anche per tentare una importante azione di recupero. Infatti, **il fronte della 'battaglia' per l'abbattimento dell'impatto ambientale e la decarbonizzazione, dapprima incentrato sul controllo delle emissioni, sull'uso delle fonti rinnovabili e sulla efficienza energetica, si è da alcuni anni arricchito di un nuovo approccio sistemico sotto il paradigma delle smart cities.**

Il cambiamento connesso a questo paradigma è la considerazione che non

sia possibile transitare verso città sostenibili esclusivamente sulla base dell'uso di *tecnologie sostenibili* che abbattano l'impatto ambientale, ma piuttosto attraverso **l'adozione, in urbanistica e architettura, di una motivazione sociale più ampia che includa un miglioramento della qualità della vita delle persone. Il concetto di sostenibilità per garantire un'elevata qualità di vita ai cittadini viene quindi esteso a 360 gradi dalla sostenibilità ambientale alla sostenibilità sociale grazie all'utilizzo di soluzioni e sistemi tecnologici connessi e integrati tra loro.** Soltanto per questa via sarà possibile contrastare la nuova richiesta energetica e la conseguente generazione di CO₂ (ad esempio per la climatizzazione estiva, la mobilità elettrica, i nuovi servizi di comunicazione dati, l'aumento della produzione di cibo, il riciclo dei rifiuti, il recupero ambientale) attraverso nuove tecnologie e nuovi modelli comportamentali. Gli eventi connessi con l'epidemia di coronavirus sviluppatasi in Italia a partire da gennaio 2020, hanno chiaramente mostrato che **il concetto di città sostenibile coinvolge pesantemente il**

modello di vita da cui dipende fortemente la qualità della vita stessa. Sono stati sufficienti due mesi di "lockdown" a far crollare più del 50% le emissioni di gas serra e le concentrazioni di particelle sottili nell'aria in particolare proprio nelle aree maggiormente inquinate del Paese. Abbiamo potuto sperimentare la necessità di limitare molti aspetti consumistici tagliando il superfluo ed abbiamo scoperto, grazie allo smart working, come le nostre città senza automobili possono cambiare completamente il loro volto. Infine, abbiamo riscoperto il senso della solidarietà, della cooperazione, della sicurezza, della difesa della vita umana come valori che sopravvivono quelli del suo patrimonio economico. Abbiamo riscoperto anche l'importanza della scuola e della creatività come sostenitori del vivere quotidiano.

Resilienza digitale e trasformazioni smart

Ma con l'epidemia abbiamo anche scoperto la grande fragilità del nostro sistema produttivo ed in generale della global economy. Ci siamo resi conto

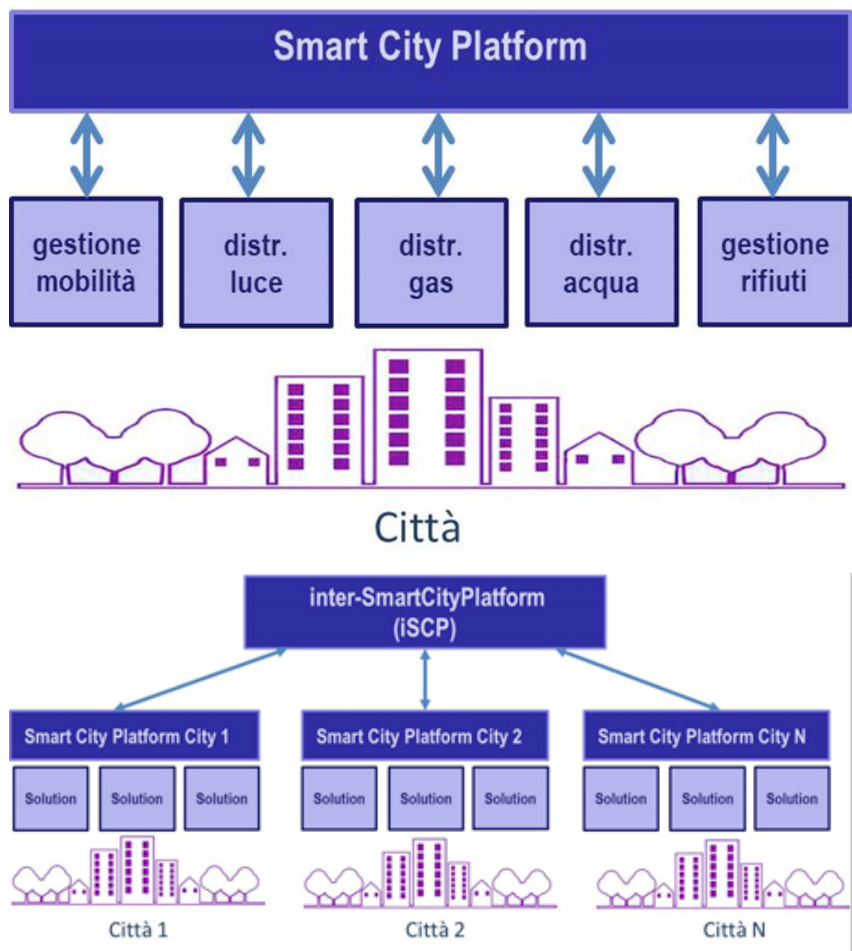


Fig. 1 La Smart City Platform (architettura)

della importanza delle tecnologie di connessione remota, senza le quali il danno produttivo ed il danno sociale sarebbe stato decisamente più disastroso. Le aziende, i cittadini, le città che in qualche modo si sono attrezzati con tali tecnologie hanno dimostrato di poter affrontare in modo molto più robusto l'adattamento alla condizione di crisi. In questo senso, le tecnologie digitali hanno dimostrato di possedere una qualità di "resilienza digitale", ossia una possibilità superiore di adattarsi ai cambiamenti ambientali, sociali e produttivi. La chiave della resilienza digitale sta nella capacità di chiudere gli anelli di molte catene produttive attraverso canali informativi che legano sistemi

produttivi, sistemi di distribuzione e sistemi di consumo. Per fare qualche esempio, non pochi istituti di ricerca nel settore dei trasporti, della mobilità urbana e della sanità hanno raccolto ed elaborato informazioni riguardanti la mobilità per comprendere quanto le misure adottate abbiano realmente impattato sulla diminuzione della probabilità di incontro, da cui dipende strettamente la probabilità di contagio. Se proviamo ad immaginare una città 'intelligente', in cui su ogni lampione fossero installate boe bluetooth per monitoraggio del traffico e delle persone o monitorati in *real time* i flussi di passeggeri nei mezzi pubblici e negli scambi multimodali o nelle aziende, la misu-

ra del lockdown avrebbe potuto essere molto più mirata e di minore impatto sul sistema sociale ed economico. **Scopriamo così che l'approccio smart city non soltanto conduce verso città più sostenibili e servizi più efficienti, ma anche verso città più sicure e resilienti.** Ma qual è il filo conduttore che può abilitare una **trasformazione smart**? Per spiegarlo partiamo dall'analisi dei gap attuali che ne impediscono lo sviluppo. Il primo tra tutti è la **frammentazione**: la nostra realtà urbana è costituita da un contesto vitale ed un insieme di servizi di cui si conosce e si monitora solo parzialmente la prestazione. E quando lo si fa, i dati che vengono raccolti sono confinati in **silos inaccessibili**, perlopiù archivi aziendali, che gestiscono i servizi stessi raccogliendo dati, ma senza renderli disponibili se non per grandi linee in grafici visualizzati su siti web. Pertanto, il 90% del valore economico e potenzialmente sostenibile del dato è immobilizzato. Poggiamo i nostri servizi su una ricchezza immobile di cui non comprendiamo il valore. Per fare qualche esempio, come è pensabile che una azienda di mobilità possa ottimizzarne le prestazioni senza conoscere i flussi turistici che sono gestiti da un silos aziendale diverso? Come può fronteggiare un'emergenza se con conosce la probabilità di rischio di danno delle infrastrutture critiche (es: piogge intense, allagamenti, terremoti)? Ma questi dati, normalmente, sono detenuti da polizia municipale, vigili del fuoco o dalla protezione civile. Come può un'azienda di illuminazione pubblica regolare l'alimentazione dei lampioni in funzione del traffico e risparmiare il 30-40% di energia se non accede ai dati di mobilità? Se ne possono fare molti altri esempi non soltanto in termini di silos tematici, ma anche di **silos territoriali** che impediscono di vedere la **correlazione tra smart city e smart land**.

"Smart City Platform"

Tutto ciò può essere affrontato creando un modello di città in cui, al diso-

pra dei servizi “verticali” (i silos), si sviluppa uno strato di interoperabilità verso cui far fluire i dati rendendoli immediatamente accessibili a tutti i servizi. Su questa idea, l'ENEA sta lavorando da diversi anni, nel contesto della Ricerca di Sistema. **L'obiettivo è la creazione di “Smart City Platform” in grado di abilitare quella sinergia urbana che attualmente manca.** Si tratta di una idea semplice, ma molto innovativa che permetterebbe di “legare” i servizi di una città, i servizi di una regione o dell'intera nazione attraverso uno standard di interoperabilità condiviso a livello nazionale (Figura 1).

Attualmente l'ENEA ha prodotto uno standard ed un prototipo di tale piattaforma che sta applicando in diverse città (Livorno, Ravenna, Reggio Emilia, Regione Umbria) ed insieme a partner istituzionali (AGID, CONSIP, ANCI, Agenzia della Coesione Territoriale) ed industriali (Confindustria, associazioni industriali) sta diffondendo nel Paese attraverso il progetto **Smart Italy Goal** (vedi la scheda tecnica su Smart City Platform nel supplemento speciale di questo numero della rivista). Naturalmente si tratta di standard riconosciuti e sviluppati nel contesto di progetti internazionali ed europei in modo da adottare un linguaggio comune evitando “silos nazionali” o “isole smart”. Il vantaggio per il cittadino e per l'amministrazione pubblica è notevole, traducendosi in nuovi servizi molto più efficienti, molto più sostenibili, molto più “vicini” al reale bisogno del cittadino (“**energy on demand**”). Ma il vantaggio sarebbe notevole anche per l'indotto produttivo perché la Smart City Platform è in grado di abilitare un mercato del tutto nuovo di servizi di Data Visualization, di Big Data Analytics, di Decision Support Systems (pianificazione, correlazioni territoriali, gestione emergenze, ottimizzazione, sicurezza e resilienza). Tali servizi, prodotti da aziende di mercato, opererebbero su dati urbani standardizzati su tutto il territorio e quindi si configurerebbe come un riu-

so ottimale che ne abbatterebbe enormemente il costo.

La Sinergia Sociale e la Local Sharing Economy

Un altro aspetto emerso durante il periodo di lockdown è stato quello della solidarietà e della forza sociale (“andrà tutto bene...”). Si tratta di un valore enorme, che Putnam teorizzava come “capitale sociale” e che realmente può determinare il collasso o la resilienza di una società. Lo stesso principio introdotto per la interoperabilità dei servizi può essere applicato per favorire lo sviluppo di relazioni sociali produttive. **Parliamo di Smart Energy Communities, ossia di metodi e tecnologie (IoT, Blockchain, Smart Contract) che possono permettere a comunità locali di massimizzare il proprio autoconsumo da fonti rinnovabili attraverso meccanismi di scambio di energia.** Tecnologie che permettono la creazione di living labs e smart labs che hanno lo scopo di facilitare la partecipazione attiva, la progettazione propositiva e la creazione di servizi di comunità direttamente gestiti dai cittadini. **L'ENEA ha tradotto tali idee nel progetto LEC (Local Energy Community Platform), una piattaforma tecnologica che supporta lo sviluppo di una vera e propria economia locale di una comunità orientata verso la sostenibilità energetica per realizzare un'economia circolare, l'economia per costruire una leva per la partecipazione, la sicurezza e lo sviluppo del capitale sociale, temi del cui enorme valore sociale ci siamo resi conto durante il periodo di lockdown.** Tutto questo conduce alla **Local Sharing Economy**, ovvero una economia di comunità basata sullo scambio di beni, servizi ed energia rinnovabile attraverso l'utilizzo di “token”, una sorta di moneta sociale virtuale impiegata per l'acquisto di beni e servizi all'interno della piattaforma. In una “**token economy**” è la comunità stessa a costituirsi come ente centrale e garante, di modo che si possa raggiungere un buon livello di

autogestione dei beni, servizi ed energia al contrario di quanto avviene nei modelli convenzionali di sharing economy, dove l'erogazione del servizio è gestita da una piattaforma centralizzata dall'azienda proprietaria da cui l'azienda trae profitto. **I paradigmi dell'economia circolare e della sharing economy si fondono perfettamente all'interno di una local token economy, dove il singolo individuo con un ruolo attivo/proattivo ha la possibilità di mettere a disposizione collettiva energia rinnovabile, un bene o servizio che altrimenti non sfrutterebbe nel suo intero valore, ma anche la propria professionalità, le proprie conoscenze o abilità.** In questo modo è possibile raggiungere una notevole ottimizzazione degli sprechi favorendo l'incontro tra i bisogni insoddisfatti e le risorse inutilizzate della comunità attraverso lo scambio di token che premiano comportamenti ed azioni considerati dalla comunità come socialmente virtuosi. I token così ricevuti dall'erogatore del servizio possono essere riutilizzati all'interno della comunità stessa per accedere ad ulteriori servizi e beni, innescando un processo circolare ed incentivante.

Lo scambio di beni, servizi, energia e token, avviene all'interno di una piattaforma basata sulla tecnologia **blockchain**, che grazie alla sua natura decentralizzata e basata sulla crittografia, la rendono uno strumento sicuro ed efficace per la gestione delle transazioni. Il controllo e gestione della piattaforma è affidato alla comunità stessa garantendo trasparenza e affidabilità. Le logiche di controllo e gestione dei token della comunità sono implementate attraverso un insieme di **smart contract** registrati sulla blockchain, ereditando tutte le garanzie fornite dallo sviluppo su tale piattaforma.

Conclusioni

Le “nuove” chiavi di lettura della smart city, quella della resilienza digitale, la interoperabilità dei servizi e quella della economia di sharing dell'e-

nergia e dei beni nella comunità, sono aspetti ancora poco esplorati nel panorama dei progetti smart city. È possibile affermare che, dopo molti anni di riflessione sui paradigmi dell'approccio sistemico, si sta giungendo ad una classe di progetti e di tecnologie molto pragmatiche, realmente sistemiche ed

operative nell'immediato, di cui l'ENEA si è fatta propositrice, con applicazioni in contesti urbani. Il filo rosso che lega queste azioni è la traduzione in tecnologie abilitanti dello sviluppo di una **sinergia urbana** e sociale molto più profonda in cui la ricerca sposta il suo baricentro nell'innovazione socia-

le, perché **la trasformazione urbana non può che passare per una rinnovata cultura organizzativa, sensibilità e formazione del cittadino, come della pubblica amministrazione e del sistema produttivo.**

BIBLIOGRAFIA

1. World Urbanization Prospects 2018. <https://population.un.org/wup/>
2. Annunziato M. (2013). "Smart Cities: la ricerca delle strade vincenti", (tratto da) *Città intelligenti. Metodi, politiche e strumenti*, (a cura di) Tortorella, W. Maggioli Editore. Annunziato M., Chiarini R., Mariano A., Mastrolitti S., Meloni C., Novelli C., Pistochini P., Tundo A., Zini P. (2017)
3. Agenzia per l'Italia Digitale (2012). "Architettura per le comunità intelligenti: visione concettuale e raccomandazioni alla Pubblica Amministrazione". Versione 2.0 del 3/10/2012
4. Cappellaro F., Chiarini R., Cutaia L., Innella C., Novelli C., Pentassuglia R., Porretto V., Rossi I., Snells C., Meloni C. (a cura di), (2017). "Sviluppo e implementazione di modelli per la smart community e l'economia circolare urbana". Report RdS/PAR2016/025
5. Commissione Europea (2016). "Analysing the potential for wide scale roll-out of integrated Smart Cities and Communities Solutions". Final Report
6. Meloni C., Annunziato A. (a cura di), (2016). "Piazza 100. Nuovi luoghi di ricostruzione della comunità aquilana". ENEA
7. Clerici Maestosi P., Meloni C. "Human oriented technology per l'ecosistema urbano". Protecta, 2012. ISSN: 1121-3124
8. Putnam R., *Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy*, Princeton University Press, Princeton, trad. it. *La tradizione civica nelle regioni italiane*, Milano, Mondadori, 1993
9. M. Annunziato, *Ecosistemi biologici ed ecosistemi urbani*, Alfabeta, 1993
10. R. Putnam, (2001). Social capital: Measurement and consequences. *Canadian Journal of Policy Research*, 2(1), 41-51
11. C. Meloni, M. Annunziato, *Progetto city 2.0*, ENEA, <http://www.uttei.enea.it/tecnologie-per-le-smart-cities/progetti/progetto-city-2.0>

Le Energy Community nel quadro delle politiche europee e nazionali per la transizione energetica

Mettere i consumatori al centro, affidando loro un ruolo sempre più attivo e responsabile, è fondamentale per il successo della transizione energetica. In questa direzione vanno le energy community, le comunità energetiche, ecosistemi 'intelligenti' e interattivi, dove lo sfruttamento delle fonti rinnovabili non è più appannaggio esclusivo dei titolari degli impianti, ma può essere condiviso mettendo in relazione una moltitudine di aspetti energetici, ambientali, sociali, tecnologici ed economici. L'ENEA ha sviluppato competenze e progetti a livello nazionale ed europeo per favorire e promuovere questo nuovo modello.

DOI 10.12910/EAI2020-045

di **Marialaura Di Somma, Claudia Meloni, Gianluca D'Agosta**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA (*)

La triade degli obiettivi UE al 2030 prevede la riduzione del 40% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990, il raggiungimento del target del 32% di penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili (FER) nei consumi di energia e la riduzione del 32,5% dei consumi come obiettivo per l'efficienza energetica. **Il raggiungimento di questi traguardi ambiziosi pone innumerevoli sfide ed altrettante opportunità per lo sviluppo di sistemi di approvvigionamento innovativi che mettano i consumatori europei 'al centro', come protagonisti principali della transizione energetica.** Del resto, l'insieme delle policy approvate in questi anni a livello europeo per poter raggiungere gli obiettivi sopra indicati e passare dall'attuale sistema basato su fonti fossili ad un sistema energetico integrato, a basse emissioni di carbonio, sicuro, affidabile ed accessibile economicamente a tutti, prevede proprio questo ruolo 'centrale' per i cittadini europei che diventano sempre più attivi e responsabili anche ri-

spetto ai propri consumi.

In questo contesto, il 30 novembre 2016, la Commissione Europea ha pubblicato il **Clean Energy Package for all Europeans** [1], un insieme di atti legislativi che ridisegnano il settore energetico attraverso misure per l'efficienza energetica, le fonti rinnovabili, l'assetto del mercato dell'energia elettrica, la sicurezza dell'approvvigionamento elettrico e le norme sulla governance per l'Unione dell'energia. Nel Clean Energy Package, è stato introdotto il concetto di **Energy Community**, la comunità energetica, prevedendo due diversi modelli: la **Citizen Energy Community (CEC)** ovvero la comunità dei cittadini e la **Renewable Energy Community (REC)**¹, le 'comunità rinnovabili'. Entrambe prevedono la possibilità per i membri della comunità di svolgere collettivamente attività di produzione, distribuzione, fornitura, consumo, condivisione, accumulo e vendita dell'energia autoprodotta. Più in generale, l'intento è di promuovere lo sviluppo e l'accettazione delle FER a

livello locale, l'efficienza energetica, la partecipazione al mercato degli utenti finali e di facilitare la fornitura di energia a prezzi accessibili per contrastare la vulnerabilità e la povertà energetica con ricadute positive anche a livello ambientale, economico e sociale. A differenza della CEC, la soluzione REC prevede l'alimentazione da sola energia rinnovabile, e la conversione di quest'ultima in diversi vettori energetici, ovvero elettricità, energia termica e di raffrescamento. Altre differenze tra le due tipologie di comunità energetica riguardano il modello organizzativo, la partecipazione e il controllo e il settore di applicazione.

Le comunità energetiche in Italia e il 'modello ENEA'

In accordo con il quadro di policy europeo, anche il Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC) [4] approfondisce i temi dell'autoconsumo e delle comunità energetiche con l'obiettivo di mettere il cittadino e le imprese (in particolare

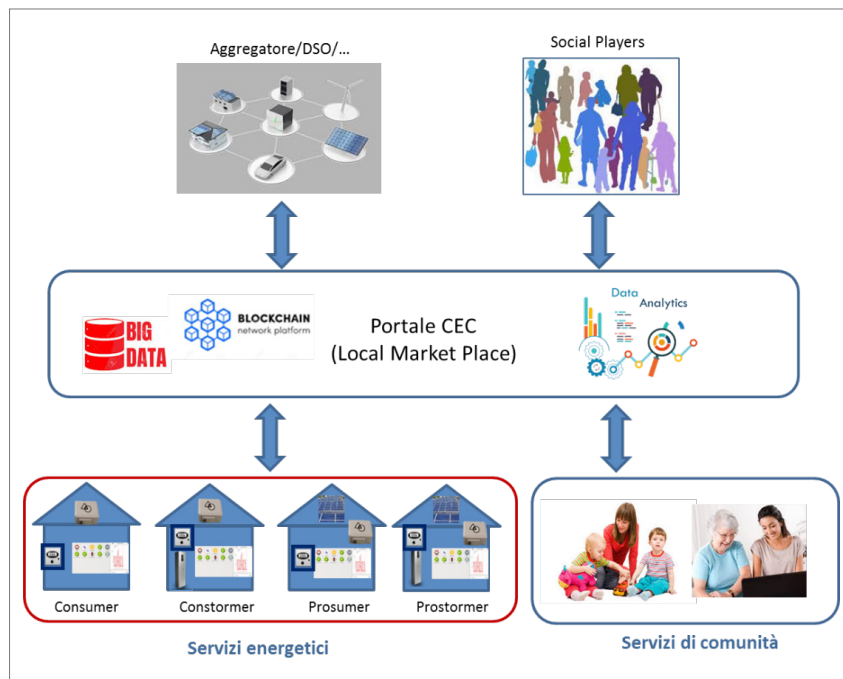


Fig. 1 Schema a blocchi funzionale del modello ENEA per le Energy Community

piccole e medie) al centro del sistema energetico, in modo che siano protagonisti e beneficiari della trasformazione energetica. In attesa del completo recepimento della Direttiva RED II, il processo di creazione di Energy Community in Italia ha avuto inizio con il decreto-legge Milleproroghe 2020 che introduce le basi per la creazione delle ‘comunità rinnovabili’ e dei sistemi collettivi di autoconsumo. Appare ora necessaria la definizione di un quadro normativo-regolatorio e di un sistema incentivante per lo sviluppo di comunità energetiche attive nell’ambito della generazione, distribuzione, accumulo, condivisione, vendita di energia elettrica e fornitura di servizi energetici. In questa prospettiva, **le comunità energetiche possono essere viste come un sistema integrato produzione-reti-accumulo dove i fabbisogni dei membri della comunità vengono soddisfatti dall’energia prodotta e distribuita all’interno della comunità stessa, con il supporto di diverse tipologie di sistemi di accumulo.**

Nell’ambito del Dipartimento Tecno-

logie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA ha maturato un insieme di competenze sulle Energy Community con particolare riferimento allo sviluppo di tool e metodologie per fornire adeguati servizi e strumenti che consentano agli utenti di una comunità energetica di creare un ecosistema energetico intelligente e interattivo. Nello specifico, il ‘modello ENEA’ propone la definizione e l’implementazione di strumenti per la nascita di Energy Community a supporto dei differenti profili energetici che caratterizzano il tessuto urbano (abitazioni, terziario, piccole imprese), tenendo conto anche dei potenziali benefici derivanti dalla diffusione della generazione distribuita, dalla digitalizzazione e dai modelli di economia collaborativa, anche prendendo spunto dall’analisi di casi studio e di *best practices* a livello internazionale (Figura 1).

I progetti di ricerca

L’attività ENEA nel campo delle comunità energetiche si esplica anche attraverso progetti di ricerca e sviluppo

nell’ambito nazionale e comunitario². Fra questi, ad esempio, va menzionato il progetto 1.7 “**Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali**” finanziato dal MISE nell’ambito del PT19-21 Ricerca Sistema Elettrico. Il progetto si propone di sviluppare metodologie, infrastrutture tecnologiche, modelli gestionali ed economici per sostenere e promuovere iniziative dei prosumer (produttori-consumatori), la loro aggregazione e la messa a punto di processi auto-organizzativi per permettere ad una comunità di auto-gestire una serie di funzionalità connesse alla rete energetica anche attraverso l’utilizzo di servizi aggregati, di tecnologie abilitanti e strumenti innovativi quali l’uso della blockchain, la remunerazione della flessibilità e la valorizzazione del comportamento virtuoso dal punto di vista energetico. In estrema sintesi, l’obiettivo è di fornire ai vari soggetti che partecipano alla Energy Community, un’ampia gamma di servizi e strumenti operativi a cominciare da un’analisi dettagliata degli scenari di interazione tra i singoli utenti, la comunità e i gestori energetici per arrivare alla creazione di un ecosistema energetico ‘intelligente’ ed interattivo con la rete di distribuzione dell’energia. Nello specifico, il progetto si focalizza sulla realizzazione di:

- un prototipo di piattaforma dove domanda e offerta di energia – autoprodotta da fonte rinnovabile – e di servizi – anche di carattere sociale – si incontrano e vengono scambiati attraverso la tecnologia blockchain e gli smart contract (protocolli informatici che abilitano transazioni economiche, quando si verificano le condizioni riportate nel “contratto intelligente”);
- tool di ottimizzazione per hub energetici multi-vettore (elettricità, gas, energia termica ecc.) che consente di ridurre sia l’impatto ambientale che i costi energetici della comunità.

Un altro progetto di rilievo è **ComESto, (Community Energy Storage: Gestione Aggregata di Sistemi di Accumulo dell’Energia in Power Cloud)** [5]; fi-

nanziano dal MIUR e dall'UE nell'ambito del PON 2014-2020, ComESto ha l'obiettivo di integrare i sistemi di accumulo di energia e quelli di generazione da fonti rinnovabili per favorire la partecipazione attiva degli utenti finali, titolari di piccole utenze civili, ai mercati dell'energia all'ingrosso e al dettaglio.

Per realizzare questo obiettivo, *consumer e prosumer* sono aggregati in "Community Energy Storage" dove acquisiscono maggiore conoscenza e consapevolezza delle proprie esigenze di consumo e dei benefici derivanti dall'utilizzo distribuito e capillare delle fonti rinnovabili. Il progetto, quindi, punta a rafforzare il ruolo del consumatore e la sua partecipazione attiva al sistema energetico come *active consumer e prosumer*, mediante opportuni programmi di *Demand Response* per una gestione 'smart' del binomio produzione-domanda.

Nello specifico, attraverso la **diffusione massiva e distribuita di sistemi di accumulo, gli utenti finali** potranno produrre, utilizzare, stoccare e 'rivendere' **l'energia rinnovabile auto-prodotta, ottimizzando** la gestione e il consumo dell'energia.

I progetti eNeuron e GECO

Il progetto eNeuron (green Energy

HUBs for Local Integrated Energy Communities Optimisation) si inserisce nel quadro di policy europeo e nazionale per lo sviluppo delle comunità energetiche, grazie alla realizzazione di strumenti per la pianificazione di sistemi energetici integrati in presenza di poli-generazione distribuita e con elevati livelli di penetrazione di FER. Finanziato nell'ambito di H2020, il progetto di *Innovation Action* è coordinato da ENEA e ha l'obiettivo di sviluppare strumenti innovativi per la progettazione e la gestione di comunità energetiche integrate attraverso l'uso ottimale dei vettori energetici, considerando sia priorità a breve che a lungo termine, rappresentate rispettivamente dalla sostenibilità economica e ambientale di questo nuovo paradigma energetico. In eNeuron, la comunità energetica è intesa come un'infrastruttura integrata per tutti i vettori energetici, caratterizzata dall'accoppiamento delle reti elettriche con quelle del gas, del riscaldamento e del raffrescamento, supportate dall'accumulo di energia nelle varie forme e tipologie, inclusi i veicoli elettrici e i processi di conversione. La piattaforma di gestione delle comunità energetiche verrà testata e validata in quattro siti pilota in Europa situati in Italia, Polonia, Norvegia e Portogallo.

Infine, da citare anche il **progetto GECO (Green Economy Community)** [6], cofinanziato dal Programma EIT-Climate Kic dell'UE con l'obiettivo di **realizzare la prima comunità energetica in Italia, in particolare nella zona Roveri e Pilastro della città di Bologna**. Nell'ottica dell'economia circolare, del riuso e dell'uso condiviso delle risorse, GECO si propone di coinvolgere cittadini e aziende per migliorare l'uso consapevole dell'energia, mettere a fattor comune le risorse del territorio, ridurre l'impatto ambientale e contribuire al miglioramento dell'area coinvolta. Usando l'energia come fattore trainante e d'interesse comune, i partner intendono promuovere anche un processo di 'consapevolezza energetica e sociale' che si propone di incrementare il livello di partecipazione sociale e la qualità della vita di cittadini e imprese nel corso degli anni.

(* *Marialaura Di Somma, Laboratorio Smart Grid e Reti Energetiche; Claudia Meloni, Divisione Smart Energy; Gianluca D'Agosta, Laboratorio Cross Technologies per distretti urbani e industriali*

¹ La CEC è riportata nella Direttiva 2019/944/UE (EMD II) [2] sul mercato interno dell'energia elettrica e REC è riportata nella Direttiva 2018/2001/UE (RED II) [3] sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili

² Si rimanda al supplemento speciale di questo numero della rivista, che riporta numerose schede informative sui progetti condotti dai ricercatori dell'ENEA, e alle referenze in esse contenute per informazioni più dettagliate

BIBLIOGRAFIA

1. Clean energy for all Europeans package: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en
2. Direttiva 2019/944/UE. Disponibile: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>
3. Direttiva 2018/2001/UE. Disponibile: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=IT>
4. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Disponibile: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf
5. <http://www.comesto.eu/2019/11/13/progetto-comesto-produzione-delle-nanogrid-per-la-gestione-dellenergia/>
6. <https://www.gecocommunity.it/>

HPC e BigData: una nuova digitalizzazione per il New Green Deal

L'Europa individua nelle ICT un ruolo chiave di *enabling technology* per raggiungere gli obiettivi del Green Deal per il clima e l'ambiente. Calcolo ad alte prestazioni, Intelligenza artificiale, 5G, cloud, IoT, possono contribuire ad accelerarne la realizzazione. L'ENEA con la Divisione ICT è attiva nella ricerca in questo settore, come evidenziano le esperienze e i risultati ottenuti in progetti europei e nazionali.

DOI 10.12910/EAI2020-046

di **Andrea Quintiliani, Massimo Celino, Marta Chinnici, Francesco Iannone, Angelo Mariano, Giovanni Bracco, Silvio Migliori**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, Divisione ICT, ENEA (*)

L'Europa pone al centro delle proprie strategie di sviluppo il nuovo Green Deal, inteso come programma per rispondere alla sfida di disaccoppiare la crescita economica e l'uso delle risorse, e promuovere la transizione energetica verso le fonti rinnovabili. Anche le tecnologie digitali sono individuate come uno dei fattori prioritari per il raggiungimento di questo obiettivo e, contemporaneamente, per il rilancio dell'economia. **La recente comunicazione della Commissione riconosce alle ICT un ruolo di *enabling technology* per il raggiungimento degli obiettivi del Green Deal europeo. Intelligenza artificiale, 5G, cloud computing, Internet of Things, sono fra le tecnologie che possono contribuire ad accelerare le politiche legate al cambiamento climatico e alla protezione dell'ambiente. In questo contesto giocano un ruolo di primo piano anche le grandi infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni (HPC). In particolare, viene messa in primo piano la combinazione fra infrastrutture digitali, quali supercomputer e sistemi cloud, reti ad altissime prestazioni con sistemi per l'elaborazione e l'interoperabilità dei dati e algoritmi di intelligenza artificiale,**

e come questo insieme di tecnologie possa consentire l'elaborazione di modelli ad alta precisione, l'analisi di sistemi di dati eterogenei, la regolazione ed il management di sistemi complessi.

Per quanto concerne il supercalcolo, il programma di sviluppo mondiale è molto intenso. Si prevede un incremento di potenza di un ordine di grandezza nel giro di un paio d'anni. La prossima generazione di supercomputer, i cosiddetti computer *exascale*, potranno eseguire un miliardo di miliardi di operazioni al secondo (10^{18} , pari a 1 exaflops) già a partire dal prossimo anno. È notizia recente che il sistema giapponese Fugaku ha raggiunto prestazioni pari a 0,4 exaflops.

In questa fase di forte crescita e di sviluppo di tecnologie di nuova generazione, la Commissione Europea ha deciso di investire in modo molto massiccio, per mettere a disposizione di ricercatori, imprese e organismi pubblici europei l'accesso a risorse computazionali del più alto livello. Oggi l'Europa dipende fortemente nel settore ICT da tecnologie e strumentazione prodotta all'estero. **Nel nuovo Programma Quadro (Horizon Europe) essa si candida a recitare un ruolo di primo piano nello sviluppo di una nuova generazione di com-**

puter, nuova in termini di componenti ed architetture, ma anche per il ridotto impatto ambientale.

Il notevole miglioramento dell'hardware comporta un ripensamento di molti aspetti del ciclo di vita di una infrastruttura HPC, che comprende la riscrittura del software, l'utilizzo di nuovi algoritmi, l'adozione di nuove architetture del software (container) e lo sviluppo di nuovi modelli di programmazione che permettono di rilasciare software in maniera più veloce, più economica e con una scalabilità senza precedenti. Molti, nell'ecosistema HPC, sostengono un cambiamento rivoluzionario, in contrapposizione a quello evolutivo, in cui gli approcci tradizionali sono sostituiti da pratiche più moderne di progettazione coordinata (co-design). **La richiesta di servizi HPC è in continuo aumento, poiché accanto alla tradizionale area della simulazione numerica è sopraggiunta la nuova richiesta di analizzare velocemente le quantità enormi di dati resi disponibili dalle reti di comunicazione.** Questa nuova area per l'ecosistema HPC è l'analisi dei dati ad alte prestazioni o High Performance Data Analytics (HPDA), che descrive la convergenza tra le soluzioni HPC orientate all'analisi massiva di dati

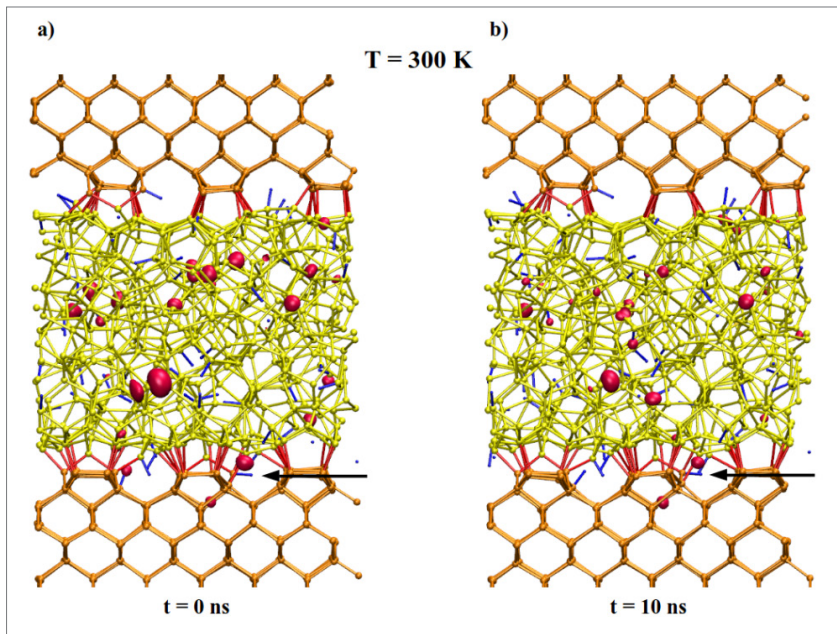


Fig. 1 Studio di un difetto all'interfaccia silicio cristallino - silicio amorfo idrogenato per celle fotovoltaiche ad eterogiunzione [1]

e il mercato dell'analisi commerciale di fascia alta. HPDA rappresenta, dal punto di vista infrastrutturale, la convergenza fra i tradizionali metodi di modellazione e simulazione utilizzati nelle applicazioni HPC e i più recenti metodi basati su tecniche di intelligenza artificiale e deep learning che sono sempre più utilizzati per l'analisi massiva e per l'estrazione di valore dai dati (BigData).

Calcolo ad alte prestazioni

L'ENEA ha giocato da sempre un ruolo importante nel calcolo avanzato e ha raggiunto uno status rilevante a livello nazionale già a partire da fine anni 2000 con il progetto CRESCO, cofinanziato dal Ministero della Università e della Ricerca nel quadro dei Fondi FESR. Negli anni successivi, l'aggiudicazione di altri progetti e una feconda collaborazione con CINECA ha permesso di potenziare ripetutamente le risorse di calcolo dislocate nella sede di Portici, valorizzando l'investimento complessivo e consolidando un'attività basata sulla disponibilità di sistemi all'avvan-

guardia e la creazione di un importante gruppo di competenza.

Attualmente, il maggior sistema in produzione è il cluster CRESCO6, un sistema allo stato dell'arte dotato di più di 400 nodi con complessivamente più di 20.000 core. CRESCO6 si è posizionato al 420esimo posto nella graduatoria mondiale al novembre 2018, e rimane il secondo sistema italiano nel mondo della ricerca pubblica, dopo quelli di CINECA.

Nel più ampio contesto della Joint Undertaking EuroHPC, creata in ambito europeo per sostenere un ecosistema europeo integrato che copra tutti i segmenti della catena del valore (hardware, software, applicazioni, servizi, interconnessioni e competenze), hanno un ruolo cruciale le applicazioni scientifiche dell'HPC per affrontare le prossime sfide industriali, scientifiche e sociali. Su questo tema la Comunità Europea ha costituito dieci Centri di Eccellenza (CoE) europei fra i quali è presente EoCoE (The European Energy oriented Centre of Excellence in computing applications, www.eocoe.eu) rifinanziato

a inizio 2019 per un secondo triennio. L'ENEA è partner del progetto EoCoE, che mira allo sviluppo di un numero selezionato di codici di calcolo relativi a cinque Scientific Challenge di interesse nel settore energia (nuovi materiali per il fotovoltaico e le batterie, meteorologia, eolico, idrologia e fusione) per portarli a performance in grado di sfruttare le infrastrutture *exascale* di prossima realizzazione¹. Ad esempio, nel settore fotovoltaico è possibile calcolare proprietà elettroniche ed ottiche partendo da modelli atomistici per comprendere l'origine microscopica di comportamenti fisico-chimici macroscopici (Figura 1).

Altri risultati interessanti sono stati ottenuti nel campo dell'energia eolica, dove sono stati realizzati modelli completi di rotori di pale eoliche (Figura 2) e nei sistemi di modellazione idrologica ad alta risoluzione (3 km di risoluzione) su scala continentale.

Il tema della sostenibilità è diventato di primaria importanza nelle ICT, un settore in cui i consumi energetici crescono ad un tasso del 9% annuo. Ad esempio, la crescita nelle prestazioni dei grandi datacentre si accompagna ad una crescita dei consumi energetici, con potenze che nelle più grandi infrastrutture possono superare i 10 MWatt. Per questo motivo, per i supercomputer *exascale* ad obiettivi prestazionali sono associati obiettivi di efficienza energetica altrettanto stringenti. **L'organizzazione**

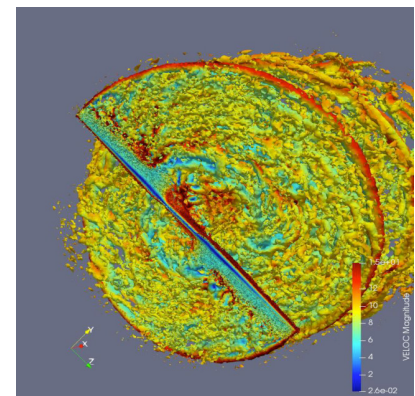


Fig. 2 Modello di mesh rotante che incorpora la rotazione delle pale [2]

di un centro di supercalcolo energeticamente efficiente esige attento studio, capacità di ottimizzazione delle risorse e investimenti importanti sul fronte tecnologico.

In questi anni, la Divisione ICT si è occupata dello sviluppo di strumenti quali metriche e Key Performance Indicator per valutare i consumi energetici e termici di un centro di calcolo, ed allo stesso tempo per incrementarne l'efficienza senza alterare le prestazioni. Ad esempio, ha sviluppato nuove metriche di produttività che mettano in relazione gli effettivi carichi di lavoro al consumo energetico, testandole nel proprio centro di calcolo di Portici, e nuove metodologie per l'analisi dei dati energetici e termici applicando tecniche di *machine learning* e di Intelligenza Artificiale.

Piattaforme per la gestione dati

Sul versante dei dati, l'ENEA è partner di EERAdata (www.eeradata.eu), progetto europeo che si propone di sviluppare

una infrastruttura FAIR europea che consenta una gestione trasparente e integrata dei dati energetici, assicurandone qualità e disponibilità, per poter rendere possibile ideare, attuare e monitorare nuovi percorsi di transizione sostenibili e offrire opportunità oggi impensabili di innovazione (Figura 3).

Il progetto nasce dalla constatazione che la maggior parte dei database disponibili in Europa non sono stati pensati per la distribuzione open dei dati tramite sistemi informativi avanzati con la conseguente perdita di innumerevoli opportunità tecnologiche ed economiche derivanti dalle nuove soluzioni ICT. Tuttavia, il crescente grado di complessità e incertezza dovuto all'integrazione di diversi tipi di flussi di dati e alle numerose interconnessioni richiede nuove metodologie per i dati e le relative infrastrutture. È necessario individuare, insieme agli attori principali del settore energetico, metodologie e infrastrutture affinché tutti i database aderiscano ai principi dei dati aperti e FAIR (reperibilità, accessibilità, intero-

perabilità, riutilizzabilità) e diventino il motore di nuovi percorsi di innovazione. L'infrastruttura FAIR sarà ospitata e gestita dall'ENEA e si candida a diventare in EOSC (The European Open Science Cloud), il portale di ingresso ai dati europei nel settore delle energie rinnovabili.

La piattaforma si collegherà alle piattaforme esistenti, fornendo un accesso unificato e senza soluzione di continuità ai relativi archivi di dati energetici. Essa pertanto non duplicherà le risorse, ma stabilirà un'interfaccia tecnica per accedere a una varietà di risorse utilizzando formati web standard.

In ambito energetico-ambientale sono di particolare interesse le piattaforme per la gestione di BigData provenienti da infrastrutture smart. In un ambiente urbano intelligente, l'esplosiva crescita del volume, della velocità e della varietà di dati prodotti ogni giorno richiede un aumento continuo delle velocità di elaborazione di server e intere infrastrutture di rete, piattaforme e nuovi modelli di gestione delle risorse.

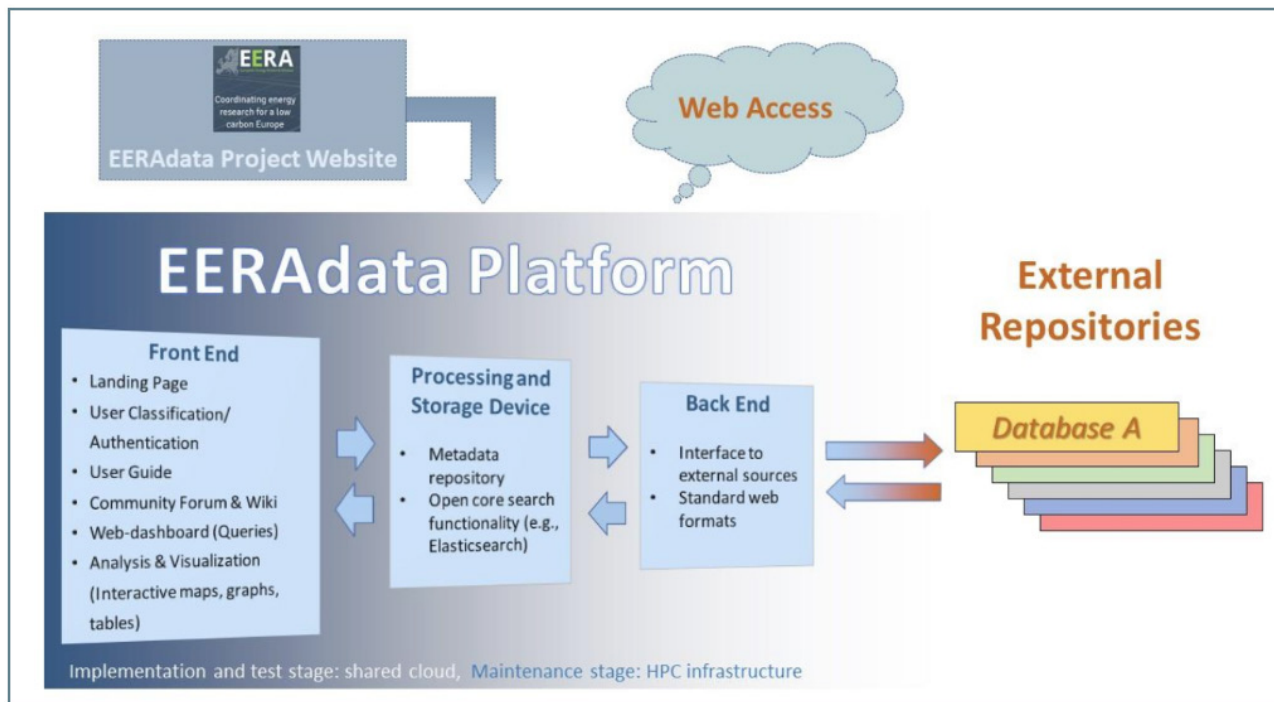


Fig. 3 Funzionalità della piattaforma EERAdata, punto di ingresso ai dati nel settore energia per la ricerca in Europa [4]

La vasta varietà delle fonti complica la gestione dei dati a causa del loro differente formato, soprattutto quando si vuole archivarli, trasformarli o scambiarli. L'utilizzo di infrastrutture e piattaforme cloud è diventata una necessità ed allo stesso tempo rappresenta una criticità, poiché le prestazioni complessive delle applicazioni, soprattutto quelle urbane, dipendono fortemente dalle proprietà del servizio di gestione dei dati.

In quest'ottica l'ENEA, attraverso le Divisioni ICT e SEN, ha sviluppato una piattaforma urbana (Smart City Platform – SCP) che ha la capacità di:

- rendere smart i dati e le informazioni, per le imprese, le persone ed i decisori politici riprogettando le relazioni

tra i vari attori;

- garantire sinergie e interoperabilità all'interno e tra i diversi sistemi e domini delle politiche cittadine (ad es. trasporti, energia, istruzione, sanità ecc.);
 - promuovere l'innovazione, ad esempio attraverso i cosiddetti open data, i laboratori viventi e gli hub tecnologici.
- La piattaforma è di tipo modulare, multi-layer e scalabile, in grado di affrontare il problema dell'interoperabilità tra gli ampi e differenti domini nel contesto delle applicazioni urbane. ENEA-SCP è implementata seguendo il paradigma Software-as-a-Service (SaaS), e sfrutta le risorse di calcolo dell'infrastruttura ENEA in ambiente cloud ospitata presso il Centro di Ricerca ENEA di Portici. Gli esempi citati non esauriscono il pa-

norama delle iniziative ENEA di impiego delle tecnologie di punta delle ICT nel campo delle energie rinnovabili e nella mitigazione del cambiamento climatico. Il consolidamento nel tempo di un'infrastruttura di calcolo di livello nazionale ha contribuito allo sviluppo di competenze specialistiche in grado di partecipare con un ruolo di primo piano ai prossimi programmi di Ricerca e Sviluppo nazionali ed europei.

(*) *Massimo Celino, Marta Chinnici, Angelo Mariano, Silvio Migliori, Divisione ICT; Francesco Iannone, Laboratorio Calcolo ad alte prestazioni, Andrea Quintiliani, Giovanni Bracco, Collaboratori esterni*

¹ ENEA partecipa anche al progetto FocusCoE che ha l'obiettivo di coordinare le azioni dei Centri di Eccellenza costituendo, fra l'altro, un apposito organismo associativo denominato HPC3

BIBLIOGRAFIA

1. Ab initio study on localization and finite size effects in the structural, electronic, and optical properties of hydrogenated amorphous silicon. P Czaja, M Celino, S Giusepponi, M Gusso, U Aeberhard. *Computational Materials Science* 155 (2018) 159–168
2. Herbert Owen, Barcelona Supercomputing Center, *EoCoE Newsletter* n. 2, 2019
3. A 3 km spatially and temporally consistent European daily soil moisture reanalysis from 2000 to 2015. Bibi S. Naz, et al. *Scientific Data* 7:111, 2020
4. Open science in Energy system research: current practices and future directions. A. Wierling, W.J. Schwanitz, M. Paier, M. Celino. Open Science Conference, Berlin, March 2020
5. IoT Meets Opportunities and Challenges: Edge Computing in Deep Urban Environment. M. Chinnici, S. De Vito. In “Dependable IoT for Human and Industry”. River Publishers Series in Information Science and Technology, 2018
6. Smart City Platform Specification: A Modular Approach to Achieve Interoperability in Smart Cities. A. Brutti, P. De Sabbata, et al., in *The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems* pp 25-50, Springer, 2018
7. The role of medium size facilities in the HPC ecosystem: the case of the new CRESCO4 cluster integrated in the ENEAGRID infrastructure. G. Ponti et al., *Proceedings of the 2014 International Conference on High Performance Computing and Simulation*

Verso una mobilità decarbonizzata: sfide tecnologiche per la transizione energetica

La mobilità sostenibile ed il crescente utilizzo delle fonti rinnovabili sono azioni chiave per la decarbonizzazione energetica. Con l'avvento dell'e-mobility, i nuovi sistemi di accumulo elettrochimico consentono di abbandonare tecnologie consolidate ma inquinanti e, proprio per questo, si prevede un vertiginoso aumento di richieste. Allo stesso tempo, sarà indispensabile realizzare una robusta e diffusa infrastruttura di ricarica per gestire in modo flessibile la domanda di potenza e la rapidità di ricarica.

DOI 10.12910/EAI2020-047

di **Antonino Genovese**, Responsabile Laboratorio di Sistemi e Tecnologie per la Mobilità Sostenibile, ENEA - di **Francesco Vellucci**, Laboratorio di Sistemi e Tecnologie per la Mobilità Sostenibile, ENEA

Nel XX secolo il modello di mobilità fondato sul binomio motore a combustione interna (MCI) e uso privato dei mezzi di trasporto è stato stimolo di sviluppo della moderna economia e base del modello aggregativo delle nostre città. Oggi assistiamo ad una profonda trasformazione anche attraverso l'adozione di schemi di mobilità flessibile, condivisa ed autonoma, che trovano nei veicoli elettrici (VE) opportunità di applicazione. L'elettrificazione dei trasporti, congiuntamente al crescente utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, si muove nel solco delle Direttive Europee per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni climalteranti e di miglioramento della qualità dell'aria: 32% di energia da fonti rinnovabili e 32,5% di incremento dell'efficienza energetica sono gli ambiziosi traguardi previsti al 2030 dal pacchetto "Clean Energy for all European" [1]. In campo *automotive*, il passaggio da tecnologie consolidate ma inquinanti a quelle elettriche è favorito dall'avvento di sistemi di accumulo elettrochimico sempre più



Fig. 1 Confronto tra pesi e volumi di varie alimentazioni a parità d'autonomia del veicolo - Fonte: elaborazione ENEA da "Quadro strategico nazionale combustibili alternativi"

performanti (Figura 1), i quali stanno gradualmente colmando il divario prestazionale che separa i veicoli convenzionali da quelli elettrici: autonomia, tempi di rifornimento, vita e costo di acquisto.

Nuovi paradigmi per la mobilità

In Europa il trasporto è responsabile

di ¼ delle emissioni climalteranti, causate principalmente dal trasporto su gomma. Questo è dovuto sia alla elevata domanda di mobilità dell'attuale modello sociale che alla modalità con cui in via prioritaria si è risposto a tale domanda, privilegiando l'uso del mezzo personale di trasporto. Rimodellare l'organizzazione delle città, sia sotto il profilo urbanistico che delle relazioni

Decarbonizzazione e smart working, un binomio possibile

di *Stefania Marconi*

Nell'ambito del percorso di transizione energetica verso la decarbonizzazione dell'economia, le nuove modalità di lavoro smart possono fornire un contributo di rilievo in termini di riduzione dell'inquinamento legato ai trasporti. È quanto emerge dal primo rapporto nazionale sul lavoro agile e telelavoro nella Pubblica Amministrazione realizzato da ENEA "Il tempo dello Smart Working. La PA tra conciliazione, valorizzazione del lavoro e dell'ambiente". Il report – consultabile sul sito www.enea.it – è stato realizzato con il contributo di 29 enti pubblici che sull'arco del quadriennio 2015-2018 hanno sperimentato e poi adottato il lavoro a distanza e illustra, in poco meno di 100 pagine i risultati e le potenzialità di una nuova organizzazione del lavoro, capace di garantire **conciliazione lavoro-famiglia, valorizzazione delle persone e sostenibilità ambientale urbana**.

In termini di impatto ambientale, ENEA ha stimato un taglio di emissioni e inquinanti di **8mila tonnellate di CO₂, 1,75 t di particolato sottile PM10 e 17,9 t di ossidi di azoto** (pari al consumo annuo di energia elettrica di circa 28mila famiglie italiane composte da 3-4 persone). Per comprendere

a fondo il potenziale di riduzione dell'impatto ambientale, 8.000 t di CO₂ evitate rappresentano l'assorbimento di 500 ha (ettari) di bosco per ciascuno dei quattro anni di indagine oppure il risparmio associato alla produzione di 15 GWh di energia eolica.

Applicato su larga scala e con una prospettiva temporale di medio-lungo periodo, il ricorso alle nuove forme di lavoro a distanza potrebbe determinare una significativa riduzione dell'inquinamento dell'aria e del traffico urbano, che va di pari passo con il contenimento dei consumi di fonti fossili e la lotta ai cambiamenti climatici.

Dall'indagine risulta inoltre che il lavoro a distanza ha consentito di ridurre la mobilità quotidiana lavorativa di circa 1h30' (un'ora e trenta minuti) in media a persona. Si tratta di un duplice beneficio in termini di tempo personale 'liberato' e di traffico urbano evitato quantificabile in **46 milioni di km non percorsi**, che equivalgono a un risparmio per il mancato acquisto di carburante pari a 4 milioni di euro. Si tratta di un dato di rilievo, tenuto conto che secondo l'INRIX 2018 Global Traffic Scorecard una città ad alta presenza di personale della PA come Roma, dove lavorano 400mila persone tra ministeri e amministrazioni centrali e locali, è la seconda al mondo per ore trascorse in auto, il doppio di New York, il 12% in più di Londra, il 70% in più di Berlino, il 95% in più di Madrid.

sociali, Figura 2, consente di ridurre la domanda di mobilità convenzionale attraverso il potenziamento di lavoro flessibile, e-commerce, digitalizzazione della PA¹. Il secondo asse d'intervento è lo spostamento modale verso mezzi e sistemi di trasporto più efficienti. Mul-

timodalità, tecnologie di comunicazione ad alta capacità e automazione dei sistemi di trasporto giocano un ruolo importante: esse offrono opportunità di sviluppare la mobilità come servizio (MaaS) grazie alla flessibilità e facilità di gestione degli spostamenti sfruttan-

do sistemi di trasporto in condivisione (car/bike sharing, car pooling) e collettivi (servizi a tabella e servizi a chiamata). Tali interventi, insieme ad una maggiore quota di micromobilità (bici, monopattini elettrici, pedonalizzazione) offriranno crescente efficienza in rapporto alla tipologia di spostamento effettuato. Infine, il passaggio a tecnologie maggiormente efficienti sarà di supporto alla riduzione dei consumi e delle correlate emissioni di gas climalteranti, con l'elettrificazione nel ruolo di protagonista. In questo contesto ENEA ha sviluppato le piattaforme informatiche eMU (eMobility simulation) e BEST (Better Electric Solution for public Transport) per la valutazione e gestione delle esigenze energetiche elettriche della mobilità urbana [2][3].



Fig. 2 Punti d'intervento per mitigare le emissioni del trasporto
Fonte: elaborazione ENEA

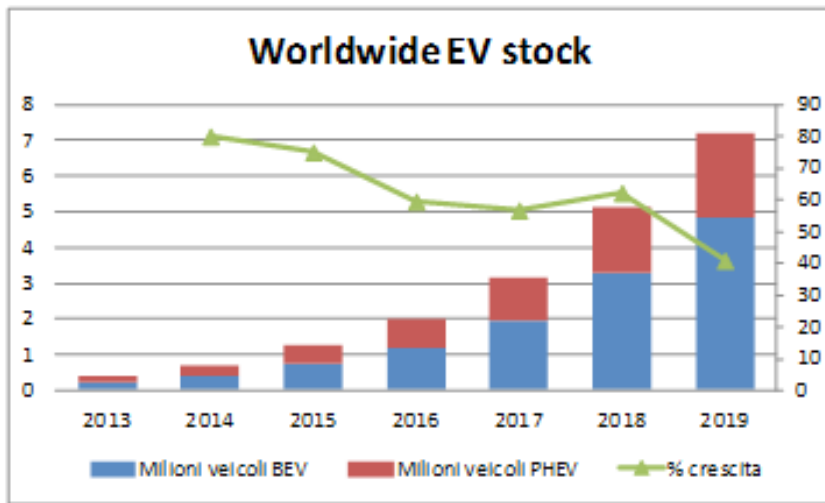


Fig. 3 Storico dei volumi di EV - Fonte: elaborazione ENEA su dati IEA

Verso l'elettrificazione della mobilità

L'evoluzione tecnologica delle batterie è, e sarà ancora nel futuro prossimo, il motore della trasformazione dell'industria automobilistica, come dimostrano i numeri di nuovi modelli realizzati dai costruttori, gli autoveicoli venduti negli ultimi anni e le previsioni di crescita futura. Globalmente il numero dei veicoli elettrici ricaricabili (EV) circolanti, totalmente elettrici (BEV) e ibridi plug-in (PHEV), ha raggiunto nel 2019 i 7,2 milioni di unità con un incremento del 41% rispetto all'anno precedente [4] (Figura 3). Le vendite di EV sono stimate in crescita a seguito degli avanzamenti nella densità energetica delle batterie, della riduzione dei costi di produzione, dello sviluppo dell'infrastruttura di ricarica. Bloomberg NEF [5] stima una vendita globale di EV nel 2025² di 8,5 milioni e di 26 milioni al 2030, totalizzando 116 milioni di EV circolanti, e una quota di mercato oltre il 50% nel 2040.

Il maggior numero di VE e la crescita delle applicazioni a supporto della rete preannunciano una vertiginosa richiesta di batterie per i prossimi anni: per il mercato delle batterie au-

tomotive [4] si prevede un passaggio dagli attuali livelli produttivi di 170 GWh/anno a 1,500 GWh/anno per il 2030 in uno scenario a politiche correnti, o di 3.000 GWh/anno nello scenario di elettrificazione che raccoglie gli input degli Accordi di Parigi. Per fare fronte a questa richiesta, sono previsti al 2028 ben 115 impianti di fabbricazione delle batterie per una capacità produttiva di 2068 GWh/anno [6].

Infrastruttura di ricarica a servizio dell'elettromobilità

La rete di ricarica per VE consente di soddisfare l'esigenza dell'utenza attra-

verso molteplici soluzioni che spaziano da sistemi ad alta potenza in grado di operare sessioni di ricarica in brevissimo tempo a stazioni capaci di gestire in modo flessibile la domanda di ricarica e la potenza disponibile in allaccio. Come indicato nel Piano Nazionale per l'Infrastruttura di Ricarica Elettrica, la realizzazione di una idonea rete di ricarica deve risultare ben distribuita sul territorio, rispondente alle esigenze della clientela e capace di flessibilità. Spesso si tende a sottolineare il bisogno di ricorrere alle elevate potenze per ridurre al minimo il tempo di ricarica e contenere il disagio dell'attesa. Tuttavia, la maggior parte dei viaggi giornalieri ha percorrenza limitata ed i tempi in sosta sono di svariate ore: condizioni che favoriscono la realizzazione di una rete di ricarica a potenze contenute capaci di soddisfare la maggior parte delle richieste quotidiane (Figura 4). La IEA [4] indica che tendenzialmente la ricarica nel 2030 avverrà in ambito privato, 73% dei casi in Paesi a forte mobilità elettrificata e 87% nel resto del mondo, mentre la ricarica pubblica rapida sarà applicata rispettivamente nel 20% e 10% dei casi.

Studi condotti da ENEA in seno alla Ricerca di Sistema Elettrico [7] con strumenti basati su big data analysis con un campione di alcune decine di migliaia di veicoli, potenzialmente elettrificati, hanno evidenziato la ca-

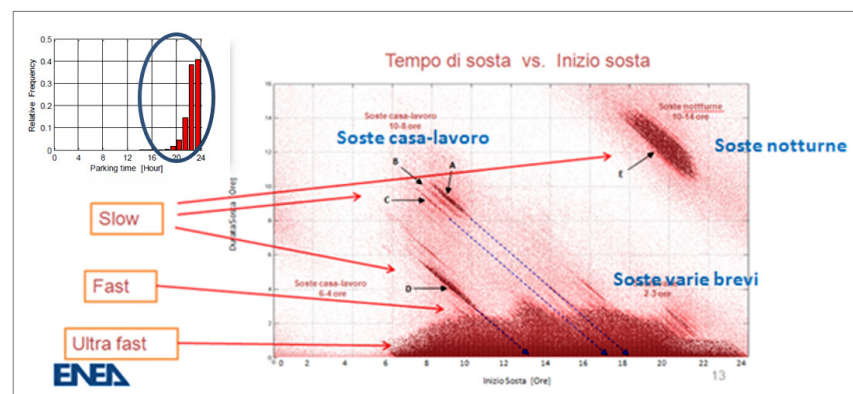


Fig. 4 Relazione tra tempo di sosta e modalità di ricarica - Fonte: ENEA

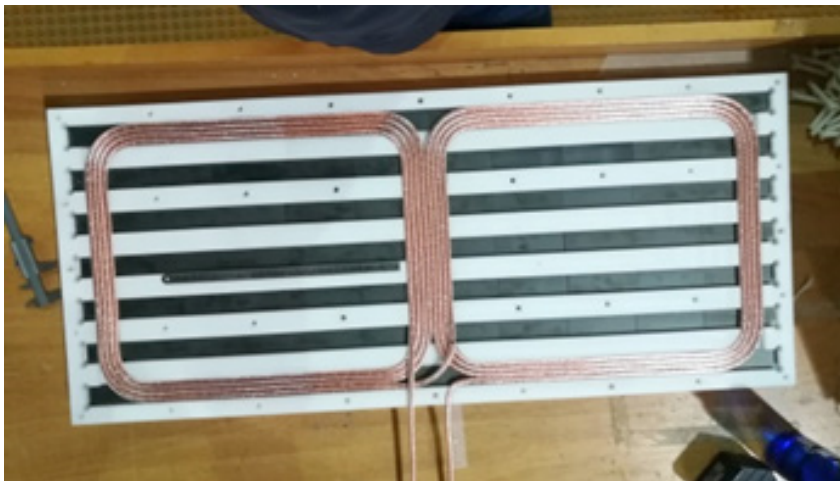


Fig. 5 Bobina primaria sistema wireless dinamico - Fonte: ENEA

pacità di dare una risposta adeguata alla domanda di ricarica con un utilizzo limitato della ricarica rapida. Le opzioni di ricarica domestica e ricarica casa-lavoro possono sopperire in larga parte alle richieste lasciando alle ricariche in alta potenza (50 kW) una percentuale di ricariche veloci (da 8% a 30% in base al veicolo) per coprire le percorrenze maggiori. Una soluzione allo studio per il trasporto elettrico su lunga distanza può essere la realizzazione di sistemi di ricarica wireless dinamici. Essi consentono di incrementare l'autonomia del veicolo offrendo la ricarica della batteria lungo il tragitto per tramite di un accoppiamento induttivo risonante, capace di trasferire energia da bobine primarie poste entro l'asfalto verso una bobina secondaria inserita sotto il pianale del veicolo. Una sequenza di elementi primari alimentata in presenza del veicolo consente di ricaricare la batteria lungo il tragitto nei tratti ove il sistema è collocato. Su questo tema ENEA ha in corso ricerche per la realizzazione di una sezione sperimentale a bassa potenza per ottimizzare l'efficienza di sistema [8].

Non solo elettrico

L'ampiezza del parco degli autovei-

coli circolanti nel mondo, stimato in 1,2 miliardi di unità, richiederà un tempo non breve per volgere alla sua completa elettrificazione. La roadmap europea per la riduzione delle emissioni di gas serra, come espressa nel Regolamento 2019/631 [9] ha tuttavia fissato le tappe per la limitazione della CO₂ allo scarico dei veicoli per giungere al 2030 ad un valore prossimo a 60 gCO₂/km. Ma ancora più ambizioso è l'azzeramento delle emissioni nette individuato al 2050. Il rispetto di tali obiettivi intermedii richiederà il ricorso alla ibridizzazione del powertrain e/o all'utilizzo di combustibili "carbon neutral" quali l'idrogeno rinnovabile e i biocarburanti. In fase di transizione, anche l'utilizzo di idrogeno miscelato al gas naturale (idrometano) potrebbe costituire un passo in avanti. Modeste quantità di idrogeno nei MCI alimentati a gas naturale offrono un miglioramento dell'efficienza di combustione, come dimostrato in un'interessante sperimentazione condotta da ENEA nel progetto MHybus [10], diminuendo la quantità di CO₂ allo scarico in percentuali da 10% a 25% in base alla quantità di idrogeno nella miscela. La miscela di H₂ e metano potrebbe essere distribuita anche attraverso la rete dei metanodotti e facilitare l'im-

plementazione dell'infrastruttura di ricarica.

In Italia, sperimentazioni sulla possibilità di trasferire idrogeno attraverso la rete sono già in corso (SNAM 10% di H₂ su rete dedicata a clienti industriali) e ARERA è al lavoro per adeguare la normativa regolatoria di settore [11] tenendo presente i limiti negli usi finali previsti dagli apparati utilizzanti gas naturale. Tra i biocarburanti avanzati il biometano si presenta nello scenario della mobilità come sostituto del gas naturale. La produzione del biometano, sia da discarica che da digestione anaerobica di materiale biodegradabile, dopo la pulizia da impurità e la rimozione della CO₂ possiede caratteristiche che ne consentono l'immissione in rete o il rifornimento diretto dei veicoli dotati di MCI a gas naturale. Lo stato dell'arte per la produzione del biometano offre ad oggi processi che sfruttano scarti dell'industria zootecnica o agricoli oppure reflui o rifiuti urbani.

Il futuro busa alla porta

L'innovazione della mobilità ha iniziato il suo percorso di trasformazione ma rimangono comunque aperte sfide molto importanti che riguardano non solo il mondo della ricerca ma anche quello dell'industria, della produzione di energia e dei decisori politici per riuscire a fornire un nuovo e migliore assetto alla mobilità. Il mercato si orienterà sempre di più verso i veicoli elettrici con la riduzione dei costi, il potenziamento delle stazioni di ricarica e la disponibilità di nuove tecnologie facilmente utilizzabili. Questo si riflette nella necessità di ingenti sforzi per lo sviluppo delle batterie, sia per migliorarne le prestazioni, sia per accrescerne la capacità produttiva al fine di poter rispondere, in termini di circolarità e sostenibilità, alla crescente domanda di veicoli "green" che si verificherà nei prossimi anni.

- ¹ Da osservazioni dell'infrastruttura europea Icos (Integrated Carbon Observation System), il recente blocco della mobilità per l'emergenza COVID-19 ha portato riduzioni delle emissioni sino al 75% in relazione alla struttura urbana
- ² Nel 2020 è previsto un calo delle vendite che giungerà a 1,7 milioni di EV a causa degli effetti legati ai provvedimenti di lockdown per il contenimento del COVID-19

BIBLIOGRAFIA

1. Clean Energy for all Europeans <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>
2. G. Valenti, C. Liberto, F. Spinelli - ENEA, Simulatore di scenari urbani di mobilità veicolare elettrica: specifiche interfaccia utente, verifica del sistema integrato di modelli e valutazione scenari di elettrificazione della mobilità veicolare - Report RDS/PAR 2017/241
3. M.P. Valentini, S. Orchi, V. Conti - ENEA, Completamento e validazione del DSS per l'analisi di fattibilità tecnico-economica dell'elettrificazione del TPL e considerazioni su possibili integrazioni con sistemi di accumulo stazionario e impianti fotovoltaici - Report RDS/PAR 2017/232
4. Global EV Outlook 2020 - IEA, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
5. Electric Vehicle Outlook - Bloomberg NEF, <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> 30/06/2020
6. <https://www.nextbigfuture.com/2020/02/world-battery-production.html>
7. A. Genovese, G. Giuli, M. Mancini - ENEA, Diffusione della ricarica rapida in ambito urbano - Rapporto RDS elettrico PAR 2015/211
8. M. Bertoluzzo, G. Bujia, A. Genovese, G. Tomasso, M. Di Monaco, Comprehensive Development of Dynamic Wireless Power Transfer System for Electric Vehicle - Electronics 2020, 9(6), 1045
9. Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament 17 April 2019, <https://tinyurl.com/y2zbog8y>
10. A. Genovese, N. Contrisciani, F. Ortenzi, V. Cazzola, On road experimental tests of hydrogen/natural gas blends on transit buses - Int. Journal of Hydrogen energy 2011, volume 36 1775-1783
11. ARERA - Documento per la consultazione 39/2020/R/GAS - Reti di trasporto e distribuzione del gas naturale: progetti pilota di ottimizzazione della gestione e utilizzi innovativi, febbraio 2020, <https://www.arera.it/it/docs/20/039-20.htm>

Bioenergia, bioraffineria e chimica verde per la transizione energetica

La biomassa è tra le fonti rinnovabili la più versatile e ricopre un ruolo chiave per una transizione energetica sostenibile, in linea con un modello di “economia circolare” basato sulla valorizzazione dei prodotti di scarto e rifiuti ed il loro reintegro nel ciclo produttivo. ENEA svolge un’intensa attività di ricerca, innovazione tecnologica e fornitura di servizi avanzati alle imprese nei settori della conversione di biomasse in bioenergia e biocombustibili, intermedi chimici “verdi”, biomateriali e bioraffineria.

DOI 10.12910/EAI2020-048

di **Giacobbe Braccio, Isabella De Bari, Vito Pignatelli, Giacinto Cornacchia**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili - ENEA (*)

Una bioraffineria è una struttura produttiva che integra più processi per la conversione di diverse materie prime di origine bio in numerosi prodotti finali a più elevato valore aggiunto. In questo settore, ENEA svolge un’intensa attività di ricerca, innovazione tecnologica e fornitura di servizi avanzati alle imprese nei settori della conversione di biomasse in bioenergia e biocombustibili, intermedi chimici verdi e biomateriali. La biomassa, definita come qualsiasi materiale organico degradabile (coltivazioni dedicate, scarti agricoli, rifiuti organici ecc.) è tra le fonti rinnovabili la più versatile, ricopre un ruolo chiave per una transizione energetica sostenibile ed è in linea con un modello di “economia circolare” basato sulla valorizzazione dei prodotti di scarto e rifiuti ed il loro reintegro nel ciclo produttivo.

In aggiunta agli impieghi tradizionali che ne privilegiano l’utilizzo per la produzione di energia termica ed elettrica, la biomassa può essere impiegata per la produzione di biocarburanti di diverso tipo per sostituire benzina, gasolio o metano e come fonte di intermedi chi-

mici green in sostituzione di quelli di origine fossile, ad esempio nel settore della produzione delle plastiche.

In Italia, tra il 2005 e il 2018, la produzione di energia da fonti rinnovabili è raddoppiata, passando da 10,7 a 21,6 Mtep e coprendo circa il 17,8% del Consumo finale Lordo Nazionale, valore superiore al target del 17% fissato per il 2020 dalla Direttiva 2009/28/CE, unico tra i principali Paesi UE (tabella 1).

Il settore che ha fornito il maggior contributo sono state le bioenergie (10,6 Mtep), utilizzate soprattutto per produrre energia termica (72,7% del totale), seguite dall’elettricità e dai biocarburanti per i trasporti (rispettivamente 15,5% e 11,8%). La fonte principale è stata la biomassa solida, utilizzata soprattutto nel settore domestico sotto forma di legna da ardere o pellet (tabella 2).

In particolare, nel solo settore dei trasporti, nel 2018 la quota biocarburanti, calcolata secondo i criteri previsti dalla Direttiva 2009/28/CE, è stata pari al 7,7%, con un significativo aumento rispetto al 6,5% registrato nel 2017, ma ancora inferiore al valore del 8,7% previsto per il 2020 dal PAN (Piano di Azione Nazionale) 2010.

Gli aumenti registrati in questo settore sono però dovuti all’aumento dei quantitativi di biocarburanti importati e non alla produzione interna.

Biomasse, biometano e biocarburanti drop-in

Per quel che riguarda le previsioni per il futuro, si prevede che l’utilizzo delle biomasse a scopo energetico rimarrà sostanzialmente costante fino al 2030 e l’incremento maggiore riguarderà l’uso nei trasporti, per la produzione di biocarburanti avanzati, prevalentemente biometano, e con l’obiettivo di accelerare la decarbonizzazione del settore, congiuntamente ad altre strategie (ibrido, fuel-cell, elettrico ecc.).

Un ruolo particolare avranno i **biocarburanti drop-in**, ovvero carburanti derivanti da biomasse con caratteristiche molto simili ai carburanti convenzionali e utilizzabili sia nel settore stradale che in quello navale e avio. In particolare, l’attuale gas naturale, sia nella forma compressa (GNC) che liquefatta (GNL), utilizzato per trasporto navale o stradale per autoveicoli pesanti, è destinato ad essere sostituito in percentuali crescenti dal biometano prodotto

Tab. 1 Obiettivi di copertura da fonti rinnovabili fissati al 2020 e ottenuti al 2018

	Obiettivo al 2020 (Direttiva 2009/28/CE)	Risultati 2018
UE	20%	18%
Italia	17%	17,8%
Francia	23%	16,6%
Germania	18%	16,5%
Spagna	20%	17,4%

dalla digestione anaerobica.

I bio-oli prodotti da biomassa mediante i processi termochimici (pirolisi) o fisici (spremitura), costituiranno, invece, un'interessante base di partenza per la produzione di combustibili liquidi, soprattutto nel settore avio, che rappresenta circa il 5% delle emissioni di CO₂ da attività antropiche, e il cui contributo è destinato a crescere se si considera che si stima un raddoppio del traffico aereo nel prossimo ventennio. A causa della bassa stabilità chimico-fisica, i bio-oli richiedono spesso innovativi processi di stabilizzazione e raffinazione. Infatti, negli ultimi anni, molti sforzi sono stati profusi per lo sviluppo di tecnologie e processi per la raffinazione dei bio-oli al fine di otte-

nere carburanti liquidi compatibili con le infrastrutture e i motori esistenti e con caratteristiche simili o addirittura superiori a quelli convenzionali.

Nonostante gli importanti avanzamenti industriali nel settore, l'aspetto critico rimane la disponibilità e la reperibilità della materia prima, anche in considerazione del fatto che l'ultima direttiva europea sulle energie rinnovabili (RED 2), indica come contributo massimo dei biocarburanti prodotti da colture alimentari il 7%, con una riduzione progressiva fino all'azzeramento per quelli basati sull'impiego di materie prime con un elevato ILUC (Indirect Land Use Change). In aggiunta, in Italia la scarsità di terreni disponibili per colture dedicate e l'avanzare di fe-

nomeni di desertificazione porranno diverse sfide. Tra queste, l'impiego ottimizzato delle risorse disponibili combinato con un'attenzione crescente alle **problematiche del suolo**, la cui fertilità sarà garantita anche attraverso lo **sviluppo di schemi di bioraffinazione che prevedano il reintegro di carbonio e nutrienti (biofertilizzanti).**

Nuovi materiali biobased e bioraffinerie

Residui e rifiuti svolgeranno quindi un ruolo importante come materie prime rinnovabili non solo per l'energia, ma anche per l'industria chimica. Attualmente, infatti, il 90% circa delle materie prime dell'industria chimica dell'UE per usi non energetici proviene da risorse fossili e solo il 10% da fonti rinnovabili di carbonio. Il 6% di tutte le risorse fossili è destinato alla sola produzione di plastica. Le crescenti preoccupazioni sui cambiamenti climatici e sull'accumulo di materie plastiche nell'ambiente favoriranno la produzione di nuovi **materiali biobased che siano biodegradabili e compostabili**, in linea con l'obiettivo generale di arrivare a coprire il 30% delle materie prime per l'industria chimica entro il 2030. **Nell'ambito dell'industria biobased si svilupperanno nuovi modelli di bioraffinerie in grado di trasformare diverse biomasse rinnovabili anziché petrolio in combustibili e intermedi**

Tab. 2 Consumi bioenergia per settore, 2018 (GSE 2019)

Fonte bioenergia	Settore di impiego (ktep)		
	Elettrico	Termico	Trasporti
Biomasse solide e frazione biodegradabile dei rifiuti solidi urbani	564	7.391	-
Biogas	714	256	-
Biometano	4	-	-
Biocarburanti incluso biometano nei trasporti	363	52	1.250
Totale	1.645	7.709	1.250
Totale complessivo		10.604	

di sintesi per l'industria chimica.

L'inevitabile ampliamento delle tipologie di materie prime utilizzabili, con un impiego crescente di sottoprodotti e rifiuti, sarà combinato con lo sviluppo di nuove tecnologie e processi che siano in grado di trasformare le diverse materie prime in prodotti omogenei ed intermedi adatti alla produzione di *chemicals*. Saranno necessarie efficaci tecnologie di **pretrattamento, frazionamento, upgrading, e tecnologie termiche** efficienti per convertire materie prime complesse ed a volte disomogenee in una corrente gassosa con caratteristiche idonee per applicazioni sia energetiche che chimiche. **Nuove opportunità potranno anche emergere da tecnologie attualmente caratterizzate da un basso TRL quali elettrosintesi di prodotti e building blocks da materie prime come CO₂ e gas derivati da biomassa, capitalizzando la disponibilità di produzioni locali di energia elettrica rinnovabile in eccesso rispetto alle capacità di dispacciamento della rete (*power-to-gas e power-to-chemicals*).**

Attività ENEA nel settore

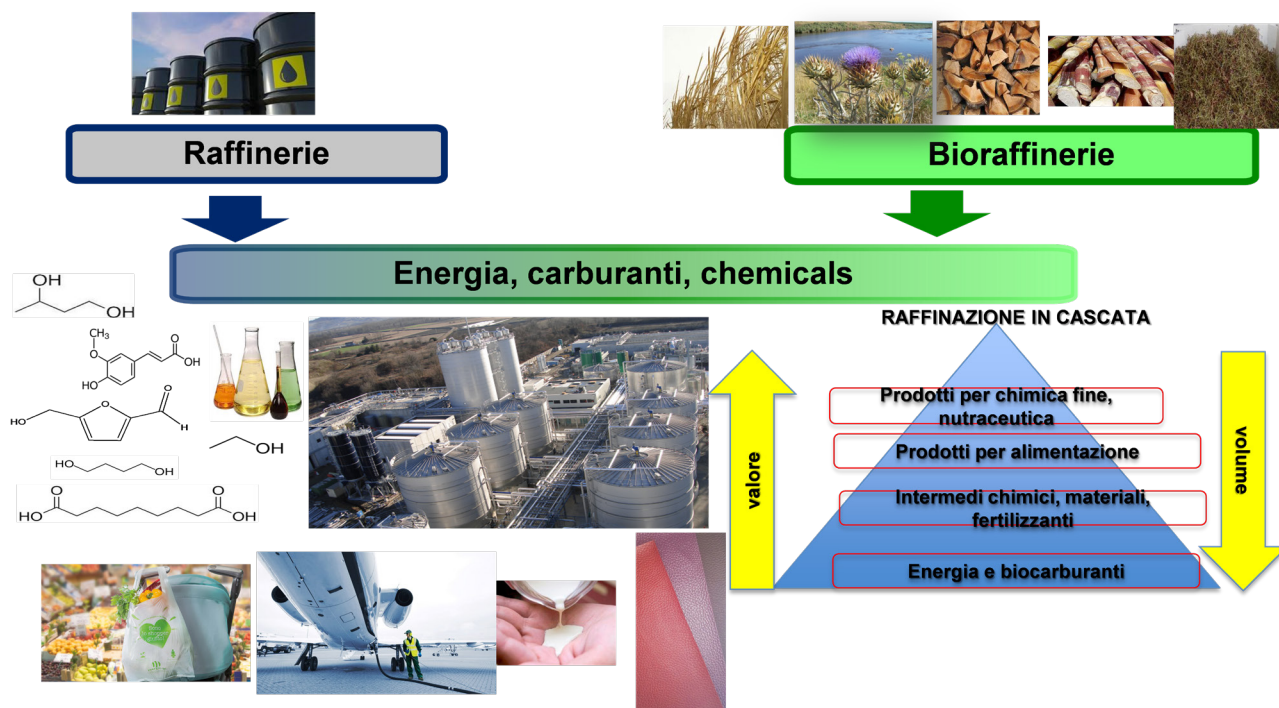
Nel panorama italiano ed europeo, ENEA svolge numerose e rilevanti attività per lo sviluppo, la dimostrazione e la diffusione di innovazione nel settore delle bioenergie, bioraffinerie e chimica verde. Nel campo della produzione di energia elettrica e calore in impianti di piccola-media taglia (filieri agro-energetiche locali) e, in prospettiva, dei biocarburanti di seconda generazione, ENEA supporta l'industria nazionale nel fornire risposte adeguate alla necessità di innovazione tecnologica e di sistema. Tra le attività progettuali basate sull'impiego della tecnologia di digestione anaerobica, le principali iniziative riguardano:

- la produzione di biogas, da destinare alla generazione elettrica o all'immissione in rete come biocombustibile gassoso (biometano ottenuto da codigestione della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani), rifiuti agricoli e/o colture energetiche ricche di zuccheri. Questo richiede lo sviluppo di pretrattamenti in grado di incre-

mentare l'efficienza di conversione di biomasse ad elevato contenuto di cellulosa e lignina;

- lo sviluppo e la dimostrazione di nuove tecnologie per la valorizzazione energetica del biogas, come la produzione di elettricità mediante abbinamento con celle a combustibile, con un significativo miglioramento delle rese finali di conversione energetica e del bilancio dei gas serra;
- lo studio e sviluppo di processi innovativi per la produzione di biometano tramite bioconversione "in situ" della CO₂ contenuta nel biogas con idrogeno da fonti rinnovabili.

Le attività di ricerca finalizzate all'ottenimento di prodotti ad alto valore aggiunto a partire da rifiuti organici quali ad esempio, fanghi di depurazione di acque reflue, e scarti dell'industria agro-alimentare, comprendono lo sviluppo di processi biotecnologici basati sull'utilizzo di insetti come ad esempio l'*Hermetia illucens*, nota come mosca soldato. Tra i prodotti di interesse accumulati durante la crescita delle larve



ci sono lipidi, proteine e chitina.

Le attività di ricerca e sviluppo tecnologico sulla conversione degli zuccheri delle biomasse lignocellulosiche per la produzione di biocarburanti avanzati e prodotti *biobased* sono focalizzate su:

- pretrattamento delle biomasse mediante processi chimico-fisico in vapore saturo oppure solvolisi per separare le componenti principali (cellulosa, emicellulosa, lignina) come primo stadio per l'ottenimento di correnti di zuccheri e lignina da convertire con processi ottimizzati;
- lo sviluppo di processi enzimatico-microbici per la produzione di etanolo 2G da utilizzare nei trasporti, basati su biotecnologie innovative;
- la conversione microbica degli zuccheri da biomasse in oli (SCO) con composizione equivalente agli analoghi da colture oleaginose;
- la conversione della lignina attraverso processi chimici e biotecnologici in intermedi fenolici e idrocarburi;
- l'estrazione e conversione di polisaccaridi come l'inulina per diverse applicazioni industriali.

In aggiunta alle biomasse terrestri, le attività di ricerca nel settore della bioraffineria e della chimica verde sono rivolte anche alla produzione di *chemicals* e bioprodotto ad elevato valore aggiunto da microalghe, nella prospettiva della realizzazione di colture massive

su larga scala. A queste si aggiungono attività di ricerca finalizzate all'ottimizzazione di specie vegetali da impiegare per l'ottenimento di prodotti ad alto valore aggiunto come la gomma naturale.

Le ricerche sulle tecnologie di valorizzazione di sottoprodotti da trasformazioni industriali sono state di recente focalizzate su processi biotecnologici di conversione del glicerolo grezzo da impianti di biodiesel in etanolo 2G e idrogeno ed altri *chemicals*.

Le attività di trasformazione di biomasse di diversa origine in gas di sintesi riguardano in particolare:

- la gassificazione di biomasse e rifiuti ad elevato contenuto di carbonio con sperimentazione di impianti pilota a letto fisso, bollente o ricircolante fino a 1 MW di potenza termica;
- i processi catalitici per la produzione di bio-SNG;
- gli studi e analisi di fattibilità tecnico-economica di processi per la sintesi di idrocarburi liquidi taglio gasolio mediante conversione catalitica del syngas;
- la produzione di chemicals tramite processi biotecnologici di conversione del syngas.

Per quanto riguarda la raffinazione di bio-oli, ENEA ha avviato di recente, in collaborazione con ENI Versalis, le procedure per realizzare presso il Centro ENEA della Trisaia un impianto

pilota di idrotrattamento catalitico per la produzione di 15 kg/h di bio-lubrificante ad alta viscosità (fino a 1.000 cSt).

L'impianto verrà impiegato in futuro per la raffinazione di bio-oli derivanti da pirolisi di biomassa lignocellulosica (una miscela complessa difficilmente trattabile nelle attuali raffinerie), utilizzando idrogeno rinnovabile, permettendone così la sperimentazione e l'ottimizzazione su scala pilota, con particolare interesse per le tecnologie dei processi catalitici. Di fatto, quindi, nel panorama della ricerca italiana, ENEA ha un ruolo unico grazie alla capacità di colmare il gap tra la ricerca di base e lo sviluppo industriale. Grazie alla numerosità e diversità delle proprie qualificate competenze su aspetti riguardanti l'intera filiera di trasformazione, l'Agenzia è anche pronta ad esprimere un importante ruolo recettivo rispetto alle nuove sfide tecnologiche via via che la tecnologia evolverà per il futuro.

() **Giacobbe Braccio**, Responsabile Divisione Bioenergia, Bioraffineria e Chimica Verde; **Isabella De Bari**, Responsabile Laboratorio Tecnologie e Processi per le Bioraffinerie e la Chimica Verde; **Vito Pignatelli**, Responsabile Laboratorio Biomasse e Biotecnologie per l'Energia e l'Industria; **Giacinto Cornacchia**, Responsabile Laboratorio Processi Termochimici per la Valorizzazione di Biomasse, Residui e Rifiuti*

BIBLIOGRAFIA

1. Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II): <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
2. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/energia/energia-e-clima-2030>
3. Bio-Based Chemicals: A 2020 Update (task IEA 42): <http://task42.ieabioenergy.com/document-category/reports-papers/>
4. Bioeconomy and biorefining strategies in the EU Member States and beyond: <http://task42.ieabioenergy.com/document-category/reports-papers/>
5. Current Status of Advanced Biofuels Demonstrations in Europe by ETIP Bioenergy Working Group 2 – Conversion Processes and ETIP-B-SABS2 project team: <https://www.etipbioenergy.eu/databases/reports>
6. Advanced Biofuels - Potential for Cost Reduction: <https://www.etipbioenergy.eu/databases/reports>
7. Cluster Tecnologico Nazionale della Chimica Verde (SPRING): <http://www.clusterspring.it/home/>
8. Rolling out bioplastics in Europe: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/671_en

Tecnologie e sistemi per l'accumulo termico

La transizione energetica in atto prevede una sempre più accentuata penetrazione dei sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili non programmabili, come ad esempio quella fotovoltaica ed eolica. Per gestire al meglio questa evoluzione, è di importanza cruciale poter accumulare l'energia prodotta da tali sistemi, in modo da disaccoppiare la produzione di energia, non programmabile appunto, dal suo utilizzo finale. Tra le varie tipologie di sistemi, quelli di accumulo termico rappresentano una via matura ed affidabile, dal costo contenuto, ed impiegabile su tutte le scale.

DOI 10.12910/EAI2020-049

di **Raffaele Liberatore**, Laboratorio Sviluppo Componenti e Impianti Solari, ENEA - **Luigi Mongibello**, Laboratorio Smart Grid e Reti Energetiche, ENEA

Negli ultimi decenni, i sistemi di accumulo termico hanno suscitato un interesse via via crescente perché consentono sia di disaccoppiare produzione e domanda di energia nei sistemi alimentati da fonte solare, sia di migliorare l'affidabilità e la flessibilità delle reti elettriche. Infatti, attualmente queste sono caratterizzate da forte presenza di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, non programmabili, come fotovoltaici ed eolici. L'impiego di sistemi di accumulo termico rende possibile immagazzinare indirettamente energia elettrica adoperando pompe di calore, la cui produzione può essere accumulata e poi utilizzata per produrre energia elettrica tramite motori termici. Questa tecnologia è conosciuta come PTES (Pumped Thermal Energy Storage). L'accumulo termico si avvale di tecnologie con diversa maturità: dal commerciale alla ricerca di base per sfruttare calore sensibile, latente o energia termochimica, a temperature che vanno da -40 °C a più di 1000 °C.

Sistemi di accumulo termico a bassa temperatura

A temperature inferiori ai 150 °C, l'acqua accumulata in serbatoi coibentati è il materiale di accumulo più performante, essenzialmente per la sua elevata capacità termica e per il suo costo praticamente nullo. Recentemente, si stanno affermando i cosiddetti PCM (Phase Change Materials), che sfruttano il calore latente di fusione/solidificazione e lavorano a temperatura pressoché costante. Il limite di questi materiali è la loro bassa conducibilità termica, che limita la velocità negli scambi di calore, e che si sta cercando di incrementare con additivi ad alta conducibilità, anche su scale nanometriche, oppure con schiume metalliche immerse nel PCM [1]. Esistono svariati tipi di PCM in commercio, sia organici che inorganici, con differenti valori della temperatura di transizione solido-liquido. Alle basse temperature, i PCM organici più utilizzati sono a base di paraffine, di acidi grassi o di sali idrati.

Per quanto riguarda le applicazioni

dei sistemi di accumulo termico a bassa temperatura, con la crescente elettrificazione dei sistemi di condizionamento dell'aria, questi sistemi sono sempre più utilizzati nello sviluppo di programmi di gestione del carico elettrico, poiché consentono la gestione del carico di picco mediante lo spostamento del carico elettrico per il condizionamento ambientale, oltreché per migliorare la flessibilità della rete in caso di elevata percentuale di elettricità da rinnovabili. In letteratura vi sono innumerevoli applicazioni di questo tipo per livellare o shiftare il carico elettrico di sistemi di condizionamento ambientale, che coinvolgono anche pompe di calore elettriche reversibili, in cui l'accumulo di energia termica consente lo spostamento totale o parziale della domanda elettrica dalle ore di picco a quelle cosiddette *off-peak*, come le ore notturne, con riduzione dei costi operativi e delle apparecchiature per effetto del maggior funzionamento a pieno carico. Di contro, questi sistemi presentano costi di manutenzione più alti, gestione e controllo delle apparecchiature più

complessi, e maggiore ingombro. Un'altra applicazione riguarda la produzione di acqua calda sanitaria con i cosiddetti Night Storage Heaters (NSH), utilizzati per ottenere benefici economici nel caso in cui è incentivato il consumo di energia elettrica durante le ore notturne. Altre applicazioni riguardano lo sfruttamento di sistemi poli-generativi (CHP, CCHP) per il condizionamento ambientale [2]. Tali sistemi permettono di incrementare l'efficienza di conversione dei carburanti tradizionali, riducendo i consumi e l'impatto delle emissioni inquinanti. In questo caso, oltre al consumo, vi sono anche la produzione e l'immissione in rete di energia elettrica, nonché l'integrazione di sistemi di accumulo termico che consentono di disaccoppiare la produzione elettrica dal consumo di energia termica, permettendo di adattare il funzionamento di tali sistemi alle necessità della rete. **Molte applicazioni riguardano i sistemi di accumulo del freddo (CTES-Cold Thermal Energy Storage) accoppiati a sistemi elettrici per il condizionamento ambientale estivo [3].** Sono molti gli autori che hanno analizzato il *peak shaving* dei carichi elettrici grazie all'ausilio dei CTES, soprattutto mediante l'utilizzo di materiali a cambiamento di fase (PCM). Di particolare interesse è anche il *load shifting* realizzato con sistemi CTES

per il *solar cooling* [4]. Presso il Centro Ricerche ENEA di Portici, è presente il Laboratorio Prove Sistemi di Accumulo Termico (LPSAT), in cui vengono svolte attività riguardanti la sperimentazione, la modellazione termo-fluidodinamica e la simulazione numerica di sistemi innovativi per l'accumulo termico a temperature medio-basse, e di sistemi per l'accumulo del "freddo". Il laboratorio è anche impiegato per la caratterizzazione termo-fisica di materiali a cambiamento di fase (PCM) e per l'implementazione sperimentale di strategie innovative per la gestione e il controllo di impianti poli-generativi con accumulo termico per applicazioni residenziali. Il laboratorio è dotato di due impianti, uno per l'analisi sperimentale di sistemi di accumulo di energia termica a temperature medio-basse, e l'altro per l'accumulo del "freddo", entrambi visibili in Figura 1. È dotato, inoltre, di apparecchiature per la caratterizzazione termo-fisica di materiali per l'accumulo termico, e di una sala calcolo per la gestione, il controllo e l'ottimizzazione real-time del funzionamento degli impianti, nonché per la simulazione numerica.

Sistemi di accumulo termico a medio-alta temperatura

Si tratta di sistemi che lavorano so-

pra i 150 °C utili per molti processi industriali, per la produzione di energia elettrica o per alimentare reazioni chimiche. L'utilizzo del calore sensibile è la tecnologia più matura e diffusa. Miscele di sali fusi sono spesso utilizzate in accoppiamento ad impianti che utilizzano l'energia solare a concentrazione (CSP) per la produzione di energia elettrica, avvalendosi dei classici cicli termodinamici di trasformazione, **potendo raggiungere temperature fino a 550 °C.** La miscela più utilizzata è il cosiddetto "sale solare", costituito per il 60% da nitrato di sodio e per il 40% da nitrato di potassio. L'alta temperatura di solidificazione, tuttavia, impone l'utilizzo di particolari accorgimenti per minimizzare le perdite di calore e per evitare che la temperatura non scenda sotto i 290 °C. Commercialmente si utilizza in sistemi a doppio serbatoio, uno a 550 °C e l'altro a 290 °C. Si stanno tuttavia sviluppando miscele di sali ternarie o quaternarie, con l'aggiunta di nitriti o nitrati di calcio o di litio, che permettono di arrivare a temperature di solidificazione anche di 120 °C. Per impianti solari di taglie inferiori ai 10 MW_e, ove il costo di due serbatoi incide notevolmente sui costi fissi, l'ENEA ha sviluppato e sta ottimizzando, anche in virtù della partecipazione a progetti nazionali ed europei, accumuli di tipo termoclino nei quali in



Fig. 1 (a) impianto prove accumulo termico a temperature medio-basse; (b) impianto prove accumulo del freddo



Fig. 2 Immagine dell'impianto sperimentale Solteca3 nel Centro Ricerche ENEA Casaccia

un singolo serbatoio viene sfruttata la diversa densità del sale con la temperatura, per cui si forma una zona liquida che divide la zona calda dalla fredda. Questa tecnologia è stata applicata con successo ad un sistema da 14 MWh nel progetto europeo MATS [5], a Borg el Arab (Egitto) in cui è stato anche inserito un generatore di vapore, e nel progetto Horizon 2020 ORC-PLUS [6] in un prototipo sviluppato nel Centro Ricerche ENEA Casaccia, entrambi coordinati da ENEA. Per quest'ultimo è stato anche realizzato a Ben Guerir (Marocco) un sistema termoclino da 20 MWh che utilizza, come mezzo di accumulo, olio e magnetite. L'utilizzo dei solidi, quando possibile, rende il sistema più economico, soprattutto se vengono utilizzati materiali di scarto: è questo il caso del progetto Horizon 2020 RESLAG che utilizza sale fuso e scorie di materiale di altoforno, il cui prototipo si trova nel Centro Ricerche ENEA Casaccia.

Per temperature fino a 400 °C, nell'ottica di utilizzare materiali a basso costo, l'uso di moduli in calcestruzzo è di particolare interesse [7]. In questi sistemi ENEA sta studiando le dinamiche di scambio del calore in modo da poter ottimizzare la forma e la dimensione delle superfici di scambio termico, importante voce di costo. Questi sistemi, pur presentando buone velocità di scambio hanno problemi nella bassa capacità termica, che impattano sulle dimensioni dei moduli. Al contrario, sistemi che utilizzano i già citati PCM, che qui vengono selezionati tra quelli con temperature al di sopra dei 150-200 °C, presentano alte densità di accumulo, ma risentono di più bassa diffusività. Lo studio delle dinamiche di scambio di calore e di tipi e forme di superfici che possano favorirli è quindi al centro dell'interesse scientifico [8]. **Un'interessante linea di ricerca coinvolge l'uso di PCM in moduli cementizi e nei termoclini**

sopra menzionati. I PCM usati singolarmente offrono il massimo delle loro potenzialità per utenze che richiedono temperature costanti, dunque l'uso in cascata di diversi tipi di essi con differenti temperature di liquefazione, offre scenari promettenti perché permette di ottimizzare lo sfruttamento del calore latente dei PCM anche per utenze differenti. La Figura 2 riporta l'impianto sperimentale Solteca3 utilizzato per lo studio di accumulo termico con materiali cementizi e PCM fino a 300 °C. L'accumulo di tipo termochimico si basa su materiali soggetti ciclicamente a reazioni reversibili che consentono di immagazzinare l'energia termica sotto forma di energia chimica: oltre a presentare un'elevata densità di accumulo, sono idonei per applicazioni di lunga durata. L'attenzione dell'ENEA è focalizzata sui sistemi gas-solido operanti a temperature tra i 500 e i 1000 °C, caratterizzati da alta densità di accumulo, elevata ciclabilità e stabili-

tà, facile reperibilità e basso costo. In particolare, si sta studiando: l'ossido di calcio supportato su matrice inerte (Mayenite) e un materiale a base di ossido di manganese.

Linee di ricerca nazionali ed internazionali

L'International Energy Agency (IEA) ritiene questo settore strategico e se ne occupa con il Technological Collaboration Programme (TCP) dell'iniziativa ECES (Energy Conservation through Energy Storage). Tra le sue linee vanno rimarcate attività sulla modellizzazione e l'ottimizzazione; sui

PCM e su materiali di tipo termochimico; sull'accumulo termico con pompe di calore; sulle "Carnot Batteries", per trasformare l'eccesso di energia elettrica in calore da accumulare e ritrasformare all'occorrenza; e sui cosiddetti "District Heating and Storage", per grandi accumuli termici utilizzando fino a 50.000 m³ di acqua. A livello di programmi europei per le alte temperature vanno sicuramente citati Sfera3 e Stage-STE, conclusosi di recente, che affrontano queste tematiche a livello di grande collaborazione tra i principali istituti di ricerca internazionali. **A livello nazionale, si segnalano i progetti NEMESI, ComESto, Living Grid, e**

la Ricerca di Sistema Elettrico (PTR 2019-21), con un work package dedicato all'accumulo termico nonché diverse linee di attività rivolte all'accoppiamento con i CSP, all'accumulo del freddo mediante PCM e all'ottimizzazione di reti termiche mediante sistemi di accumulo termico.

L'ENEA, dunque, partecipando in questo ambito a progetti nazionali ed europei anche come coordinatore ed essendo presente ai tavoli delle agenzie internazionali di ricerca riesce ad avere un ruolo di rilievo sia per proporre idee innovative che per sviluppare ricerche di interesse strategico.

BIBLIOGRAFIA

1. Caliano M, Bianco N, Graditi G, Mongibello L, Analysis of a phase change material-based unit and of an aluminum foam/phase change material composite-based unit for cold thermal energy storage, *Applied Energy* 256 (2019) 113921
2. Mongibello L, Bianco N, Caliano M, Graditi G, Comparison between two different operation strategies for a heat-driven residential natural gas-fired CHP system: Heat dumping vs. load partialization, *Applied Energy* 184 (2016) 55-67
3. Mongibello L, Graditi G, Cold storage for a single-family house in Italy, *Energies* 2016, 9, 1043
4. Helm M, Hagel K, Pfeffer W, Hiebler S, Schweigler C. Solar heating and cooling system with absorption chiller and latent heat storage - *Energy Procedia*, Volume 48, 2014, Pages 837-849
5. R. Liberatore, A. Giaconia, G. Petroni, G. Caputo, C. Felici, E. Giovannini, M. Giorgetti, R. Branke, R. Müller, M. Karl, T. Fluri, Analysis of a procedure for direct charging and melting of solar salts in a 14 MWh thermal energy storage tank, in: *AIP Conf. Proc.*, 2019, <https://doi.org/10.1063/1.5117739>
6. R. Liberatore, M. Falchetta, W. Gaggioli, D. Mazzei, V. Russo, Power production of an ORC system using a stratified molten salt as thermal energy storage integrated in a CSP plant, in: *AIP Conf. Proc.*, 2019. <https://doi.org/10.1063/1.5117651>
7. G.M. Giannuzzi, R. Liberatore, D. Mele, G. Mazzucco, G. Xotta, V.A. Salomoni, C.E. Majorana, R. Di Maggio, Experimental campaign and numerical analyses of thermal storage concrete modules, *Sol. Energy*. 157 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08>.
8. A. Miliuzzi, R. Liberatore, D. Nicolini, M. Chieruzzi, E.M. Veca, T. Crescenzi, L. Torre, Heat Exchange Analysis on Latent Heat Thermal Energy Storage Systems Using Molten Salts and Nanoparticles as Phase Change Materials, in: *Intech*, 2018: p. 13

Le celle a combustibile per la decarbonizzazione nei settori energetico, industriale e della mobilità

La decarbonizzazione della società necessita di una nuova generazione di energia distribuita, flessibile e a basso impatto. Le celle a combustibile sono le candidate ottimali: producono energia elettrica con un'efficienza pari o superiore al 60% per un ampio range di potenze e possono essere alimentate con idrogeno da elettrolisi, biometano o syngas da biomasse, abbattendo drasticamente le emissioni di CO₂. Inoltre, invertendo l'operazione, con alcune celle si può produrre idrogeno da fonti rinnovabili, collocando questa soluzione tecnologica in una posizione cardine per l'integrazione tra rete elettrica e del gas.

DOI 10.12910/EAI2020-050

di **Davide Pumiglia, Viviana Cigolotti, Stephen McPhail, Giulia Monteleone**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA (*)

Dalla loro prima menzione apparsa sulla rivista *The London and Edinburgh philosophical magazine and journal of science* del 1838 ad opera del fisico gallese Sir William Robert Grove, all'applicazione nelle missioni spaziali Gemini, Apollo e sugli Space Shuttle degli anni 60, fino ai primi impianti di produzione di potenza degli anni 90, la storia delle celle a combustibile ha vissuto fasi di grande sviluppo alternate a lunghi periodi di disinteresse. Negli ultimi anni, da quando i cambiamenti climatici sono al centro del dibattito politico e sociale, le celle a combustibile stanno vivendo una fase di rinnovato interesse, di sviluppo scientifico, tecnologico e commerciale e, date le peculiari caratteristiche della tecnologia, che verranno illustrate in seguito, sembrano ora collocarsi in una posizione strategica nel futuro scenario energetico ed industriale, per favorire la decarbonizzazione di settori strategici.

L'ENEA è stata pioniera in Italia sullo sviluppo delle celle a combustibile: tra gli anni Novanta e i primi anni Duemila l'attività ENEA sulle celle a combustibile è stata focalizzata fortemente sulle PEM-FC, funzionanti a bassa temperatura, sviluppando tutte le competenze atte allo sviluppo, costruzione e alla messa in esercizio di moduli di potenza interamente realizzati nei propri laboratori; nell'ultimo decennio invece l'interesse per questa tecnologia si è spostato sulle tecnologie ad alta temperatura, in particolare le celle a carbonati fusi (Molten Carbonate Fuel Cells, MCFC) e le celle ad ossidi solidi (Solid Oxide Fuel Cells, SOFC).

La tecnologia

Le celle a combustibile (Fuel Cells, FC) sono dispositivi elettrochimici che convertono l'energia chimica direttamente in energia elettrica (e calore) attraverso reazioni di ossido-

riduzione. Data l'assenza di trasformazioni intermedie, tipiche dei processi termo-meccanici tradizionali, raggiungono efficienze di conversione molto elevate, tipicamente tra il 35 e il 60% di efficienza elettrica. Come per le batterie, le celle a combustibile sono essenzialmente costituite da un anodo e un catodo, separati da un elettrolita, la natura del quale ne determina le caratteristiche di operazione, prima fra tutte, la temperatura. **Si distinguono due categorie di celle a combustibile: a bassa temperatura** ($T < 130\text{ }^{\circ}\text{C}$), come le celle ad elettrolita alcalino e le celle a elettrolita polimerico (PEMFC), e **ad alta temperatura** ($600\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 900\text{ }^{\circ}\text{C}$), come le celle a carbonati fusi (MCFC) e le celle ad ossidi solidi (SOFC). Per entrambe le categorie, il combustibile di elezione è l'idrogeno, ma possono essere utilizzati anche gli alcoli (PEM), gas naturale, idrocarburi più leggeri, gas provenienti da gassificazione di biomasse o da dige-

stione anaerobica dei rifiuti (SOFC e MCFC). Le FC sono modulari e scalabili e per questo trovano applicazione in tutti i settori.

Nella mobilità elettrica a zero emissioni (su terra, trasporto aereo o marittimo) le FC consentono di allungare l'autonomia dei veicoli grazie alla maggiore densità energetica dell'idrogeno rispetto alle batterie, consentendo tempi di rifornimento equivalenti a quelli per i veicoli a combustibile tradizionale. Nella generazione stazionaria (residenziale, commerciale o industriale) le FC riducono il consumo di energia primaria grazie alle altissime efficienze di conversione (in elettricità e calore) e consentono un'indipendenza dalla rete elettrica, per cui offrono alto valore nella generazione "prime power", per impianti sensibili quali data center ed ospedali e nella generazione remota e "off-grid", specialmente in connessione con sistemi di generazione da fonti rinnovabili (fotovoltaico,

microeolico ecc.), per l'alimentazione di utenze isolate.

Efficienza, tempi di vita e rendimento dipendono dal tipo di applicazione. Per quanto riguarda i sistemi mobili, sono costituiti da celle PEM e suddivisi in: 1) Autotrazione (80 kW_e): rendimento elettrico attuale intorno al 60%, tempo di vita circa 100.000 km (2500h equivalenti), con previsione di incremento a circa 5000h. 2) Portabile (micro < 2 W_e, mini 10-50 W_e, medio 100-250 W_e): rendimento elettrico intorno al 40%, tempo di vita circa 1500-2000h equivalenti, con previsione di incremento a 5000h. 3) Portabile large (1-10 kW_e): rendimento 25% (target 40%), tempo di vita 3000h equivalenti (target 20.000h).

Per quanto riguarda sistemi stazionari di produzione di energia in loco, solitamente si tratta di sistemi SOFC o MCFC: 1) Cogenerazione elettrica scala residenziale (1-10 kW_e): rendimento elettrico 30-60% (target 45-65%), rendimento termico 80-90%

(target > 90%), tempo di vita 12.000h equivalenti (target 60.000h). 2) Cogenerazione elettrica scala industriale (> 0,1 MW_e): rendimento elettrico 42-47% (target > 50%), rendimento termico 70-90% (target > 90%), tempo di vita 40.000-80.000h equivalenti (target 80.000h). Il rendimento complessivo del sistema supera già attualmente il 95% [1].

Celle a combustibile: cardine per la decarbonizzazione

In che modo le celle a combustibile possono contribuire alla decarbonizzazione dei principali settori produttivi? Il modo più semplice per farsi un'idea è attraverso qualche esempio numerico, dai quali si evince come le numerose proprietà peculiari delle celle a combustibile ne delineino un ruolo da protagoniste nella futura transizione energetica. In Tabella 1 è riportato un confronto delle emissioni di CO₂ e SO₂ basato su dati presenti in letteratura (si

Tab. 1 Confronto delle emissioni di CO₂ e SO₂ di diverse tecnologie

Settore Automobilistico			
Tecnologia	Emissioni CO ₂ (g/km)	Emissioni SO ₂ (mg/km)	± % (rispetto benzina)
MCI Benzina	209	200	-
MCI Diesel	154	130	-26 %
MCI Idrogeno (da gas naturale)	220	30	+5 %
FC gas naturale (reformer a bordo)	83	6.3	-60%
FC idrogeno (da reformer)	87-100	380	-55%
FC idrogeno (da FER)	15-20	30	-90%
Settore Stazionario (cogenerazione commerciale)			
Tecnologia	Emissioni CO ₂ (kg/MWh tot)	Emissioni SO ₂ (g/MWh tot)	± % (rispetto convenzionale)
Convenzionale	270	7	-
Motore diesel	315	680	+16 %
MCI Gas Naturale	218	6	-19 %
FC SOFC Gas Naturale	145	0	-46 %
FC SOFC idrogeno (FER)	28		-89%

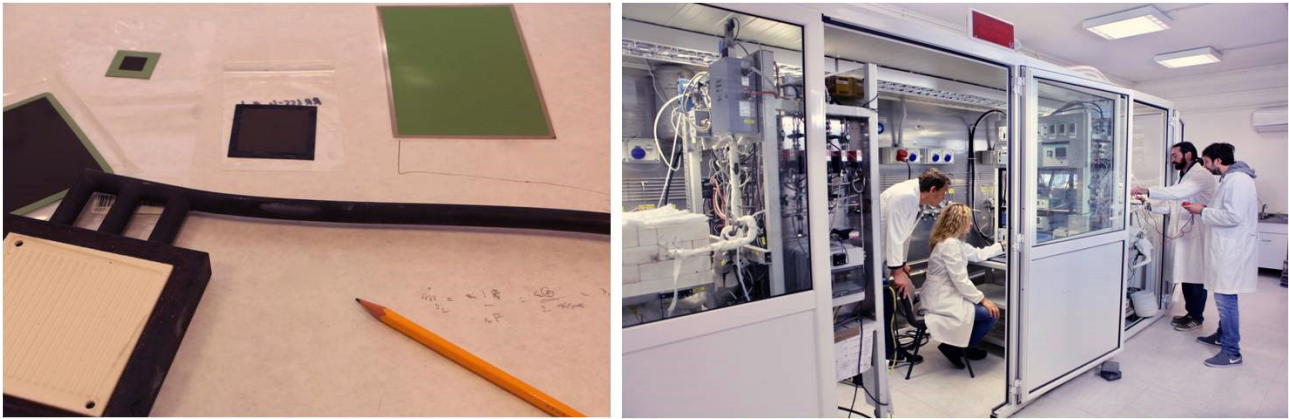


Fig. 1 A sinistra, celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC) di diversa dimensione; a destra, impianti sperimentali nei laboratori ENEA

tiene conto dell'intero ciclo di produzione del combustibile) [2,3,4,5].

Risulta evidente che, se l'idrogeno prodotto da fonti di energia rinnovabili (FER) è il vettore d'elezione per la transizione energetica, è altrettanto vero che le celle a combustibile sono la tecnologia chiave per esprimerne al massimo le sue potenzialità ed i suoi benefici. Ma non solo. Gli elettrolizzatori – sistemi che producono idrogeno a partire dalla molecola d'acqua, alimentati solo con energia elettrica – sono sostanzialmente delle celle a combustibile ottimizzate per lavorare in modalità inversa: la stessa tecnologia è quindi contemporaneamente alla base sia della produzione che dell'utilizzo efficiente del vettore energetico "green" per eccellenza. E se questo non fosse abbastanza convincente, le celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC) possono addirittura lavorare in maniera reversibile: questo significa che uno stesso impianto può produrre idrogeno (da eccesso di energia da FER) e utilizzarlo per produrre energia quando necessario. Su quest'ultima intrigante possibilità delle SOFC che negli ultimi anni ha acceso un forte interesse nella comunità scientifica, l'ENEA ha preso parte a tre progetti europei, riguardanti sia l'ottimizzazione di dispositivi reversibili SOC (progetto BALANCE [6]), sia la standardizzazione delle procedure di con-

trollo dei futuri dispositivi (progetto SOCTESQA [7] e AD ASTRA [9]).

Sostenibilità, sicurezza, circolarità e ostacoli allo sviluppo

La sostenibilità delle celle a combustibile si misura soprattutto nel loro periodo di utilizzo, grazie all'elevata efficienza di conversione del combustibile che porta a una significativa riduzione delle emissioni di gas serra e di altri fattori impattanti legati al consumo di combustibile. Così, pure la sicurezza delle FC è principalmente legata allo stoccaggio di combustibile utilizzato per alimentare: il loro funzionamento fa sì che combustibile e comburente debbano essere fisicamente separati, rendendo le celle stesse intrinsecamente sicure. Nel ciclo produttivo, l'utilizzo di materiali preziosi è ristretto ad alcune decine di milligrammi di platino o iridio per ogni kW di potenza (in linea con i catalizzatori nei tubi di scappamento dei veicoli a motore). Le FC ad alta temperatura utilizzano cobalto e alcune "terre rare", ma il loro contenuto è molto inferiore che nelle batterie di eguale capacità di potenza. Tuttavia sono in corso progetti per la progressiva ulteriore riduzione di questi materiali, e – con l'aumento della commercializzazione di FC – di processi per il loro recupero dai prodotti a fine vita.

Quali sono, allora, i limiti allo sviluppo completo di una tecnologia tanto

promettente? In primo luogo, le celle a combustibile hanno costi elevati. Si stima che il costo per kW generato da celle a combustibile deve abbattersi di un fattore 10 affinché la tecnologia abbia una diffusione su larga scala ed entrare nel mercato. Gli alti costi sono dovuti ai materiali e alle tecniche di produzione utilizzati (terre rare e processi ceramici per SOFC, platino per PEM), al tempo di vita medio ancora non sufficientemente esteso e all'attuale basso effetto di scala. Indagini di mercato dimostrano che in un regime di produzione di oltre 100.000 sistemi l'anno, i costi di approvvigionamento di materiale vengono abbattuti oltre il 70% rispetto alla produzione di 100 pezzi l'anno.

Su queste tematiche l'ENEA ha concentrato le proprie risorse contribuendo, nell'ambito di diversi progetti europei, a studiare soluzioni per limitare i fenomeni di degrado che inficiano la durata degli elementi costituenti [8,9], l'ottimizzazione dei processi produttivi e del controllo qualità [10,11] e l'integrazione dei sistemi [12], anche con impianti di produzione di gas da biomasse [13,14]. Altro fattore fondamentale è che la normativa tecnica per l'impiego di tecnologie innovative quali quelle dell'uso/distribuzione/produzione dell'idrogeno o la cogenerazione residenziale è limitata e spesso carente. Ulteriori fattori che limitano

la diffusione della tecnologia sono la mancanza di una reale infrastruttura di produzione e distribuzione (eventualmente di stoccaggio) dell'idrogeno e la necessità di nuove e adeguate professionalità, sia nel campo della formazione universitaria e post-universitaria, che nella filiera di installazione e manutenzione tecnica.

Prospettive future

L'idrogeno sarà un attore principale nel panorama del nuovo Green New Deal europeo, in quanto fattore abi-

litante per la decarbonizzazione di settori produttivi quali l'industria chimica, dell'acciaio e dei trasporti.

A dimostrazione della sua importanza, a luglio 2020 è stata pubblicata la Strategia Europea sull'idrogeno, che prevede la realizzazione di interventi al fine di sviluppare un'economia di mercato basata sull'idrogeno. È quindi lecito pensare che, grazie alla loro reversibilità, le celle a combustibile, per quanto illustrato finora, vivranno una forte fase di sviluppo, soprattutto su scala industriale, sia come utilizzatori finali ad altissima efficienza del

vettore idrogeno, che come produttori di idrogeno verde (sfruttando il concomitante sviluppo delle FER), rendendo possibile l'integrazione tra la rete elettrica e la rete gas.

() Davide Pumiglia, Stephen McPhail, Viviana Cigolotti, Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno; Giulia Monteleone, Responsabile Laboratorio Accumulo di Energia, Batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'Idrogeno*

BIBLIOGRAFIA

1. O.Z. Sharaf, M.F. Orhan, , Renew. Sustain. Energy Rev. 32 (2014) 810–853
2. M.Pehnt, Environmental Science & Policy, 11, 1, (2008), s 25-37
3. B. K. Sovacool, Energy Policy, 36, 8, 2008, 2950-2963
4. M. Pehnt, International Journal of Life Cycle Assessment, 8, 6, 2016, 365-378
5. G. Arab et al., Mechanics & Industry 15, 113-121 (2014)
6. Horizon 2020 RIA Programme, Grant Agreement n° 731224, BALANCE, <https://www.balance-project.org>
7. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Grant agreement n° 621245, <http://www.soctesqa.eu>
8. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Grant Agreement n° 325331, SCORED 2.0
9. Fuel Cells and Hydrogen2 Joint Undertaking, Grant Agreement n° 825027, AD ASTRA, <https://www.ad-astra.eu>
10. Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking, Grant Agreement n° 735160, qSOFC, <http://www.qsofc.eu>
11. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Grant Agreement n° 621227, NELLHI, <http://www.nellhi.eu>
12. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Grant agreement n° 671403, INNOSOFc, <http://www.innosofc.eu>
13. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Grant Agreement n° 826234, WASTE2WATTS, <https://waste2watts-project.net/>
14. Horizon 2020 RIA Programme, Grant Agreement n° 815284, BLAZE, <https://www.blazeproject.eu>

Le pompe di calore per una climatizzazione sostenibile

Le pompe di calore rappresentano uno strumento prioritario per la sfida della decarbonizzazione nell'ambito della climatizzazione, grazie allo sfruttamento di risorse rinnovabili quali aria, acqua e terreno. Esse possono fornire, inoltre, importanti vantaggi energetici ed economici per il sistema Paese, per raggiungere gli obiettivi del Piano Nazionale Clima ed Energia e per gli utenti finali. ENEA contribuisce al trasferimento tecnologico e alla loro diffusione con attività di ricerca volte ad individuare le possibili integrazioni con altre tecnologie, quali solare termico, fotovoltaico e accumulo, con l'obiettivo di migliorarne l'efficienza e l'eco-compatibilità.

DOI 10.12910/EAI2020-051

di **Raniero Trinchieri e Maurizio Pieve**, Laboratorio Sviluppo Processi Chimici e Termofluidodinamici per l'Energia, ENEA

Il naturale processo di trasferimento di calore che avviene spontaneamente da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura inferiore può essere invertito attraverso l'impiego di macchine frigorifere. Esse consentono il trasferimento di calore da una sorgente ad un pozzo termico, a temperatura maggiore della sorgente, a spese di energia immessa nel sistema, che può essere meccanica o termica. Gli scambi di calore avvengono attraverso un fluido intermedio, detto fluido refrigerante. L'effetto utile delle macchine frigorifere propriamente dette (es. il frigorifero domestico) è la quantità di calore asportata dalla sorgente termica, mentre per le *pompe di calore* (PdC) l'effetto utile è rappresentato dalla quantità di calore trasferita al pozzo termico (ossia all'ambiente da riscaldare).

Le pompe di calore possono essere classificate in base alla sorgente esterna di energia sfruttata (l'aria, l'acqua o il terreno), in base al ciclo termodinamico di riferimento (a compressione di vapore, ad assorbimento o ad adsorbimento) e in base al pozzo

termico (aria o acqua). La quantità di energia utilizzata dalla macchina per il suo funzionamento fornisce un'indicazione delle sue prestazioni, se messa in relazione all'effetto utile. Più precisamente, si definisce COP (Coefficient of Performance) di una pompa di calore il rapporto tra l'effetto utile (l'energia termica ceduta) e l'energia spesa (costituita dal corrispettivo del lavoro meccanico, nel caso di PdC elettriche, oppure l'energia termica del combustibile, nel caso di PdC a gas). Dal punto di vista strettamente termodinamico, il COP è sempre maggiore di uno poiché l'energia ceduta al pozzo termico è la somma dell'energia prelevata dalla sorgente termica e del lavoro fornito alla macchina per il processo di compressione, anch'esso trasformato in calore e trasferito al pozzo termico.

Per una comparazione tra le prestazioni delle pompe di calore e delle caldaie a condensazione, che ad oggi costituiscono i generatori termici più impiegati in ambito residenziale, è opportuno far riferimento anche ad un altro indicatore denominato *efficienza energetica stagionale del riscaldamento*

d'ambiente (η_s) definito come il rapporto tra l'energia termica richiesta dall'utenza nella stagione di riscaldamento e il consumo annuo di energia primaria necessaria per il funzionamento dell'apparecchio impiegato per il riscaldamento d'ambiente. Tale parametro non può assumere valori superiori all'unità per le caldaie, siano esse convenzionali o a condensazione. Infatti, il loro principio di funzionamento consiste nella produzione di energia termica per combustione di un materiale di origine fossile, tipicamente gas naturale. In virtù delle perdite di processo (es. imperfetta combustione, perdite di trasmissione, perdite termiche connesse con i fumi di scarico ecc.), l'energia termica che giunge all'utente è senz'altro inferiore a quella primaria, per cui η_s risulta inferiore a 1. Di contro, l' η_s delle pompe di calore, per il principio di funzionamento sopra descritto, assume sempre valori superiori all'unità e può essere incrementato attraverso il processo di sviluppo tecnologico delle macchine e il maggiore ricorso in percentuale a fonti di energia rinnovabile per la



Fig. 1 La pompa di calore come elemento centrale di un sistema integrato

produzione elettrica, in modo da accrescere la sostenibilità energetica ed ambientale di tale tecnologia.

Miglioramento dell'efficienza

Il processo di sviluppo tecnologico al quale contribuisce l'ENEA con attività di ricerca in ambito nazionale ed internazionale, procede attualmente su due distinti versanti: da una par-

te, il miglioramento dei componenti delle pompe di calore e, dall'altra, l'integrazione con altre tecnologie, per incrementare la quota di energia termica rinnovabile prodotta dal sistema complessivo. Il miglioramento dei componenti si è concentrato prevalentemente nello sviluppo di compressori e scambiatori di calore più performanti. Secondo recenti monitoraggi, l'efficienza delle pompe di

calore è cresciuta del 23% tra il 2007 e il 2013 [1]. Un impulso all'incremento delle prestazioni può essere fornito anche dallo sviluppo degli eiettori ottimizzati, in grado di ridurre le perdite per irreversibilità provocate dalla trasformazione termodinamica di laminazione, tipica dei cicli frigoriferi. Per quanto riguarda l'integrazione, le pompe di calore possono essere convenientemente abbinata al solare termico o fotovoltaico, nonché a sistemi di accumulo termico. Una corretta gestione dei sistemi di generazione termica può accrescere la quota di energia rinnovabile prodotta e trasferita all'utenza. L'incremento dell' η_s può derivare anche da un maggior impiego di energia rinnovabile nella produzione di energia elettrica. La Figura 2 mostra il confronto tra gli η_s di una PdC con COP pari a 3 considerando la ripartizione di fonti energetiche al 2017 (66% fossile e 34% rinnovabile) e quella attesa al 2030 (45% e 55% rispettivamente) secondo gli obiettivi che l'Italia si è prefissata con il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima [2]. Ulteriori miglioramenti dell' η_s possono ottenersi con l'aumento del COP delle PdC e del rendimento del parco di generazione termoelettrica nazionale, η_{el} . L'effetto combinato dei miglioramenti di efficienza energetica e della sostituzione della produzione di energia per

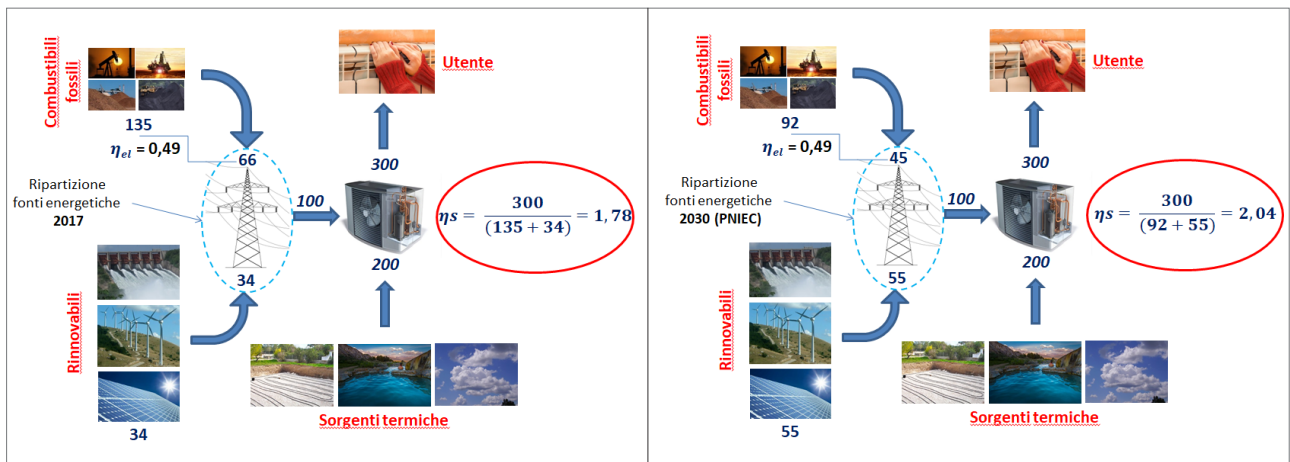


Fig. 2 Effetto sull' η_s dell'aumento della quota rinnovabile nella generazione elettrica: 2017 (a sinistra) vs 2030 (a destra)



Fig. 3 Risparmio annuo percentuale per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria con una pompa di calore rispetto a una caldaia a gas a condensazione

riscaldamento e acqua calda sanitaria (ACS), da fonti fossili, con quella da pompe di calore, prevista dal PNIEC per il 2030, porterebbe a una riduzione delle emissioni di CO₂ nel settore civile del 39% circa rispetto al livello del 2005. Tale riduzione, sarebbe attribuibile per il 59% alla penetrazione delle pompe di calore e per il 41% alla riduzione dei consumi per effetto degli obiettivi di efficienza energetica. La diffusione delle pompe di calore, oltre a garantire miglioramenti dell'efficienza energetica, penetrazione delle fonti rinnovabili e riduzione delle emissioni climalteranti, consente altri importanti benefici sotto il profilo ambientale e della qualità dell'aria in virtù di riduzioni importanti di emissioni di inquinanti in atmosfera e quindi all'interno delle abitazioni [3].

Le attività ENEA

Sul fronte della sostenibilità ambientale, ENEA partecipa attivamente anche a progetti di ricerca che hanno per obiettivo la caratterizzazione di fluidi refrigeranti di nuova generazione, aventi un minore impatto in termini di effetto serra (GWP) e di potenziale distruttivo dello strato di ozono atmosferico.

Nonostante i benefici sopra esposti connessi all'uso delle pompe di calore, la loro diffusione sul mercato è limitata sostanzialmente alla tipologia aria-aria, prevalentemente impiegata per il condizionamento estivo. Sono invece molto meno diffuse le altre tecnologie, tra cui le aria-acqua, sfavorite da costi di installazione e di acquisto elevati. A tal proposito, il potenziale di diffusione di questa tipologia di pompe di calore può essere stabilito valutando la convenienza economica per l'utente finale rispetto alle tecnologie concorrenti, in termini di risparmio conseguibile sia su base annua che sull'intero ciclo di vita. Tramite un articolato studio parametrico condotto da ENEA [4], effettuato differenziando le pompe di calore in base alla loro classe di efficienza (definita dal reg. UE 811/2013 con i simboli A, A+ o A++ e pedice "h" o "w" in modalità riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria rispettivamente) e alla zona climatica in cui è ubicata l'abitazione, è stata calcolata la spesa energetica annuale per il riscaldamento e la produzione di acqua calda per un'abitazione media in varie località italiane. Semplificando, per ciascuna delle cinque zone climatiche italiane considerate (accorpando la A con la B) si prende a riferimento un determinato fabbisogno

termico di energia per il riscaldamento e l'acqua calda, al quale corrisponde per una pompa di calore un fabbisogno di energia elettrica dipendente dall'efficienza complessiva della macchina stessa e, per una caldaia a condensazione, un fabbisogno di gas naturale. Dopo aver calcolato tali fabbisogni, conoscendo i costi dei vettori energetici, riferiti alla fine del 2018 ed opportunamente differenziati in base alla zona climatica, si osserva (Figura 3) che i costi di esercizio di una pompa di calore sono praticamente sempre inferiori a quelli di una caldaia. In termini generali, risparmi consistenti possono essere conseguiti con una macchina di efficienza almeno in classe A++h, con valori del 28÷33% in zona D e del 18÷22% in zona E. In zona F il risparmio è inferiore, compreso tra il 9% e il 12%. Per quanto riguarda le zone B e C, pur essendo alto il risparmio percentuale, specialmente con PdC appartenenti alle classi di efficienza A++h o A+w, nondimeno il risparmio effettivo è piuttosto basso, a causa del limitato fabbisogno termico invernale delle utenze ubicate in tali zone climatiche.

Oltre all'analisi dei costi di esercizio, per valutare la convenienza economica di una tecnologia si devono prevedere anche tutti gli altri costi da sostenere per l'intero ciclo di vita utile della macchina, compreso l'investimento, la manutenzione ed eventuali incentivi. Come parametro di riferimento si considera il cosiddetto *massimo costo aggiuntivo*, ovvero quello addizionale, rispetto al suo costo capitale, a cui può essere acquistata una tecnologia alternativa ad una di riferimento (ad es. la caldaia a gas a condensazione), tale da garantire un risparmio alla fine della sua vita operativa. In altri termini, il risparmio sui costi annuali di esercizio conseguito con una tecnologia alternativa, deve consentire di compensare e recuperare l'investimento maggiore entro la vita utile della macchina, fissata convenzionalmente in 15 anni. Essendo un parametro di confronto, se è positivo significa che la pompa di

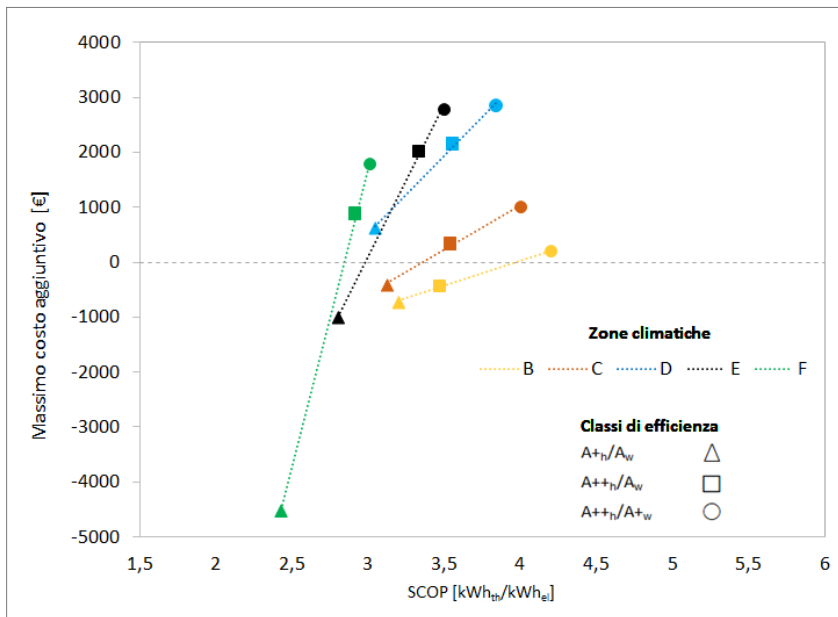


Fig. 4 Massimo costo aggiuntivo di una pompa di calore aria-acqua rispetto ad una caldaia a condensazione in funzione dello SCOP, per zona climatica

calore è economicamente conveniente rispetto alla caldaia a condensazione, e viceversa se è negativo. L'entità del massimo costo aggiuntivo, inoltre, fornisce un'indicazione quantitativa della convenienza economica.

Fissati i costi medi di acquisto e installazione per la pompa di calore e per la caldaia, e considerando l'incentivo della detrazione fiscale del 65% sui co-

sti di acquisto ed installazione attualmente disponibile per la sostituzione dei generatori di calore, si ottengono i risultati riassunti nella Figura 4 (in cui lo SCOP è stato assunto pari a $2,5 \cdot \eta_s$, come da Dir. UE 2012/27). Da essa si traggono importanti indicazioni sulla convenienza economica della pompa di calore in rapporto alla classe di efficienza e alla zona climatica in cui

l'abitazione si trova. In particolare, si osserva che le pompe di calore più performanti garantiscono risparmi economici rispetto alla principale tecnologia concorrente in quasi tutte le zone climatiche. Impiegando un altro parametro come il Valore Attuale Netto (VAN), all'interno del quale il flusso di cassa è attualizzato secondo un certo tasso di sconto, i risultati sono di poco differenti. Lo studio ENEA è stato completato con un'estesa analisi di sensibilità dei risultati al variare delle principali grandezze, come il fabbisogno di energia termica, i prezzi del gas e dell'energia elettrica, il tasso di interesse e il tempo di ritorno dell'investimento.

La pompa di calore, quindi, ha tutte le potenzialità per affermarsi come tecnologia di punta tra quelle per la decarbonizzazione efficiente dei settori finali, con particolare riguardo a quello della climatizzazione, e per il raggiungimento degli ambiziosi obiettivi indicati nel PNIEC, apportando nello stesso tempo vantaggi energetici, economici ed ambientali agli utenti ed al sistema nel suo complesso. Questo spiega gli investimenti di ricerca in ENEA per supportare lo sviluppo di una promettente tecnologia ecosostenibile per il riscaldamento/raffrescamento.

BIBLIOGRAFIA

1. *Heat Pumps: Integrating technologies to decarbonize heating and cooling*, EU Copper Institute, 2018
2. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, Ministero dello Sviluppo Economico, 2019
3. Tavolo di filiera sulle pompe di calore, Proposte e indicazioni di intervento per il ruolo delle pompe di calore nel PNIEC, 2019
4. M. Pieve, R. Trinchieri, The heat-pump market in Italy: an in-depth economic study about the reasons for a still unexpressed potential, *Clean Energy* (2019), 126-143

Geotermia a bassa entalpia e decarbonizzazione

La risorsa geotermica a bassa entalpia è una fonte di energia pulita, gratuita, rinnovabile e diffusa in gran parte del territorio nazionale. Il sistema geotermico accoppiato alle pompe di calore costituisce ad oggi il sistema di condizionamento più efficiente dal punto di vista energetico ed ambientale e, nei prossimi decenni, in questo campo è atteso un rilevante sviluppo grazie alle potenzialità degli impianti a pompa di calore geotermica (Ground Source Heat Pump - GSHP). Un impianto pilota che sfrutta questa fonte verrà realizzato a livello sperimentale nel Centro di Ricerche ENEA della Casaccia, nell'ambito della Ricerca di Sistema.

DOI 10.12910/EAI2020-052

di **Anna Carmela Violante**, Sezione Supporto Tecnico Strategico e **Giambattista Guidi**, Responsabile Sezione Supporto Tecnico Strategico, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili ENEA

Sebbene il contributo dell'uso diretto del calore terrestre, nel consumo globale di calore rinnovabile rimanga limitato, si prevede un aumento di oltre il 40% (+0,3 EJ) nel periodo 2019-2024, grazie al contributo della Cina, degli Stati Uniti e dell'UE. **L'uso diretto del calore geotermico soddisfa solo per lo 0,3% (0,13 EJ) la domanda di calore globale; pertanto, sebbene in aumento, attualmente è la fonte rinnovabile meno utilizzata.**

Contesto internazionale e nazionale

Ad oggi, la diffusione dei sistemi geotermici rimane limitata a un numero circoscritto di Paesi. La sola Cina e Turchia, che rappresentavano circa l'80% del consumo globale di calore geotermico nel 2017, sono responsabili della maggior parte della crescita negli ultimi anni. La capacità termica installata in tutto il mondo è aumentata di 1,4 GWt stimati nel 2018, per un totale di 26 GWt alla fine dell'anno. Nell'Unione Europea, si prevede che il consumo di-

retto di energia geotermica aumenterà di quasi il 270% nel periodo di previsione (2019-2024). Al 2020, il calore prodotto da fonte geotermica rappresenta lo 0,33% del totale, e si auspica arrivi allo 0,40% nel 2024. Il maggior contributo è rappresentato dalle applicazioni nel settore edilizio, con produzione di calore annua al mondo pari a 574 EJ, seguito dalle applicazioni nel settore agricolo (107 EJ) ed in ultimo nel settore industriale (28 EJ). In particolare, **in Italia la produzione di calore da fonte geotermica, al 2018, è stata di 794 TJ, mostrando un incremento di 205 TJ nel periodo 2010-2018.**

I sistemi geotermici a bassa entalpia

I sistemi per l'approvvigionamento del calore ad uso diretto sono definiti a bassa entalpia e sono caratterizzati da una temperatura del serbatoio geotermico inferiore ai 90 °C. Tali sistemi possono essere utilizzati in gran parte del territorio italiano, in quanto è possibile sfruttare il gradiente geotermico già al di sotto dei 15 metri di profon-

dità dal piano campagna. Pertanto, **la geotermia a bassa entalpia risulta uno strumento vincente in quanto, oltre ad essere disponibile ovunque sulla superficie terrestre, è una forma di calore pulita, rinnovabile e sicura nel tempo ed ecocompatibile.** Per uso diretto del calore, si intende una vasta gamma di applicazioni: climatizzazione degli ambienti, produzione di acqua calda sanitaria (ACS), usi termali, usi agricoli (riscaldamento serre, pastorizzazione di derivati dal latte, essiccazione e fermentazione di prodotti alimentari), acquacoltura e usi industriali. Il calore terrestre deriva, in parte, dal calore residuo legato alla formazione del nostro Pianeta, in parte dai processi di decadimento degli elementi radioattivi (torio, uranio e potassio) presenti nel mantello. La temperatura aumenta in maniera progressiva mano a mano che si scende in profondità, secondo il gradiente geotermico medio, ovvero si verifica un aumento di 30 °C per ogni km di profondità. La propagazione del flusso di calore dall'interno della Terra verso la superficie terrestre avviene

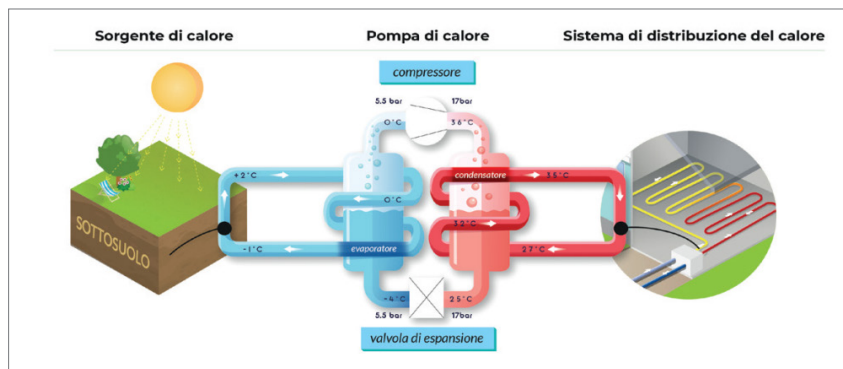


Fig. 1 Schema di funzionamento della pompa di calore
Fonte: Bureau de Recherches Géologiques et Minières- BRGM

tramite un fluido termovettore, per fenomeni di trasmissione del calore per conduzione e convezione. Esistono diversi schemi impiantistici per sfruttare il calore terrestre a bassa entalpia:

- impianti che utilizzano uno scambiatore di calore per trasferire il calore del fluido geotermico ad un circuito secondario collegato con l'utenza (sia singole utenze che reti di teleriscaldamento);
- impianti che utilizzano direttamente il fluido geotermico;
- impianti a pompa di calore geotermica (PdC) (sia singole utenze che reti di teleriscaldamento) (Figura 1).

Questa categoria di impianti può essere ulteriormente suddivisa in funzione della tipologia di geoscambio utilizzata per l'accoppiamento con il terreno, ovvero configurazione a circuito aperto (*open loop*) o a circuito chiuso (*closed loop*). I sistemi a circuito aperto utilizzano le acque superficiali (mari, laghi, fiumi) oppure sotterranee (falde freatiche) come sorgente termica per la pompa di calore. In questo tipo di sistemi, oltre al pozzo di estrazione, è necessario prevedere un pozzo di reiniezione, al fine di evitare il depauperamento della risorsa idrica. Il fluido, reiniettato nel sottosuolo, dovrà rispettare i criteri imposti dalla normativa sul trattamento e scarico di acque (D. Lgs. n. 152/2006). Gli impianti a circuito chiuso possono essere a loro volta suddivisi in (Figura 2):

- impianti a sonde verticali (una o più coppie di "tubi ad U" alloggiati in pozzi, al cui interno scorre il fluido termovettore, generalmente acqua);
- impianti a sonde orizzontali (sonde costituite da serpentine di tubi variamente configurate ed alloggiare in trincee nel suolo profonde da 1 a 5 metri);
- geostrutture e pali di fondazione (inserimento delle sonde direttamente all'interno dei pali di fondazione dell'edificio).

Per progettare sistemi in grado di for-

nire energia termica e frigorifera è necessario acquisire informazioni di carattere geologico, idrogeologico e termico. In particolare, è necessario determinare il valore di temperatura del sottosuolo, le conducibilità e diffusività termiche degli strati di terreno e rocce, il livello dell'acqua di falda, le caratteristiche dell'acquifero e il flusso sotterraneo.

Il grado di approfondimento, a cui si spingono le indagini a carattere geologico, è funzione della taglia del progetto e della complessità geologica ed idrogeologica intrinseca del settore in cui ci si trova ad operare. La consultazione delle carte geologiche ed idrogeologiche, dei dati stratigrafici dei pozzi e dei sondaggi geofisici va effettuata ai fini di una corretta ricostruzione dei parametri termofisici del sottosuolo. Questo tipo di parametri permette di valutare la resa termica, quindi la produttività del pozzo, in termini di kWt estraibili per metro lineare di sonda installata nel sottosuolo. Il numero di sonde e la profondità di installazione dipendono essenzialmente dalla destinazione d'uso del calore e dei carichi termici richiesti dall'utenza. Per aumentare le prestazioni di un impianto a bassa entalpia si cerca di ottimizzare il contributo energetico del calore terre-

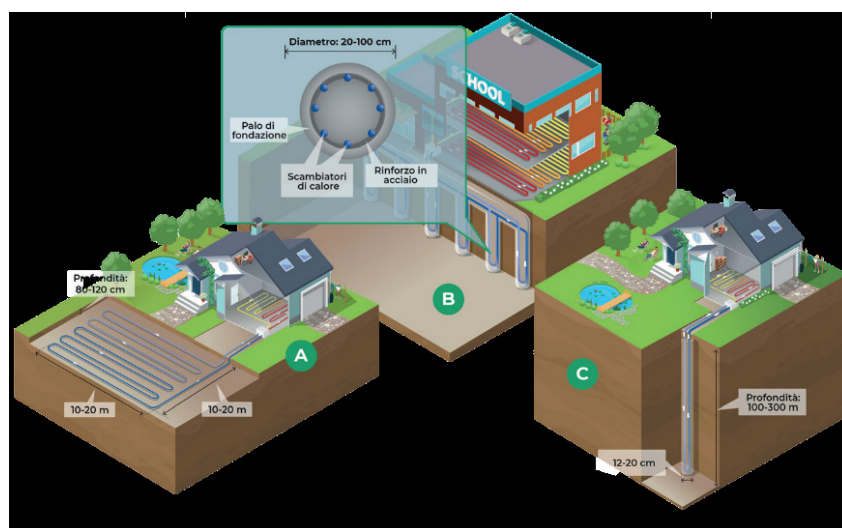


Fig. 2 Sistemi a circuito chiuso: scambiatori orizzontali (A), geostrutture (B), sonde geotermiche verticali (C)
Fonte: Bureau de Recherches Géologiques et Minières- BRGM

stre, adoperando un collegamento di più tipologie di utilizzazione legati allo stesso sistema di estrazione.

È possibile connettere, alla stessa fonte di calore, diversi processi termici “in cascata” che richiedono man mano temperature più basse, in modo da massimizzare l'effetto utile a parità di energia geotermica estratta. Inoltre, è possibile l'integrazione sinergica con altre fonti, riducendo i costi di installazione e massimizzando così le ore equivalenti di funzionamento del sistema geotermico, con ovvie ripercussioni sull'economia dell'intero sistema.

Pompa di calore geotermica

Rispetto agli impianti di riscaldamento convenzionali (PdC aria-aria), le PdC acqua-acqua offrono il vantaggio di sfruttare una risorsa termica (terreno o acqua) caratterizzata da una temperatura fissa e costante durante tutto l'anno, consentendo un cospicuo risparmio in termini di consumi energetici. **Le PdC geotermiche, rispetto ai sistemi convenzionali di climatizzazione, offrono una riduzione dei consumi energetici**

del 30%-70% in riscaldamento e del 20%-50% in raffrescamento. La prestazione della PdC dipende dalla quota parte di energia geotermica utilizzata rispetto al totale del calore fornito all'utenza finale; maggiore è il contributo del calore geotermico e maggiore sarà la prestazione energetica del sistema (COP), che dipende da diversi fattori, quali: temperatura e proprietà termofisiche del terreno, efficacia del sistema di geoscambio ed efficienza della PdC. Pertanto, non potendo intervenire sulle proprietà del terreno, ad oggi gli avanzamenti tecnologici riguardano la progettazione, il miglioramento dell'efficienza delle macchine e le modalità del loro alloggiamento nel terreno.

Negli ultimi anni, si sta pensando alla **CO₂ come nuovo fluido refrigerante della PdC**: ciò comporta un minor impatto ambientale rispetto ai refrigeranti comunemente utilizzati e permette l'innalzamento, a parità di COP, della temperatura di fornitura all'utenza finale.

L'esperienza ENEA

Nell'ambito della Ricerca di Sistema

Elettrico Nazionale (Piano Triennale 2019-2021) sarà realizzato nel Centro Ricerche Casaccia di Roma il primo impianto pilota che sfrutta la geotermia a bassa entalpia. Tale calore, in funzione dei carichi termici, potrà essere utilizzato in modo continuativo nell'arco delle stagioni da parte di un'utenza. Nello specifico, sarà realizzato un sistema di captazione di energia termica dal terreno tramite l'impiego di sonde geotermiche verticali a circuito chiuso, configurazione double U, ubicate a diversa profondità (100 m, 80 m, 50 m e 35 m), accoppiato ad una pompa di calore. In seguito all'extrapolazione dei dati geolitologici e idrogeologici dell'area circostante, è stata già condotta una simulazione preliminare sulla potenza termica estraibile dal terreno. Il campo geosonde, inoltre, sarà dotato di un sistema di controllo, tramite fibre ottiche, al fine di monitorare costantemente il campo termico, la sua evoluzione nell'arco delle stagioni, e non ultimo, l'efficienza del sistema sonde-terreno nel tempo. Si prevede il completamento delle opere presumibilmente entro l'anno corrente.

BIBLIOGRAFIA

1. A. Baietto A., M. Pochettino e E. Salvatici E (2010), “Progettazione di impianti geotermici- sonde verticali e pozzi d'acqua” con software Geo Heat Call, Editore Dario Flaccovio, Palermo
2. S. Basta e F. Minchio (2007), “Geotermia e pompe di calore - Guida pratica agli impianti di climatizzazione”, pp. 354, Editore S. Basta, Verona
3. VDI 4640-1 (2010-11) “Thermal use of the underground, Fundamentals, approvals, environmental aspects”, Verlag des Vereins Deutscher Ingenieur, Düsseldorf
4. S. P. Kavanaugh e K. Rafferty (1997), “Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings,” American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chiba
5. H. D. Zeng, N.R. Diao e Z.H. Fang (2003), “Efficiency of vertical geothermal heat exchangers in ground source heat pump systems”, J. Therm Sci, 12(1), pp. 77-81
6. F. Tinti (2009), “Geotermia per la climatizzazione - Applicazioni, tecnologia - analisi costi-benefici”, pp. 209, Editore Dario Flaccovio
7. Cordis Results Pack on Geothermal Energy (2020) – A thematic collection of innovative EU-Funded Research Results – A new and viable alternative energy source to help achieve Europe's climate ambitions
8. IEA- Renewables 2019- Market analysis and forecast from 2019 to 2024- Fuel report
9. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/heat>
10. <https://www.brgm.fr/>

Le nuove frontiere della cattura e riuso del carbonio

Il contrasto al cambiamento climatico e la *decarbonizzazione* del sistema energetico ed industriale passano anche dalle nuove tecnologie di Carbon Capture Use and Storage che consentono di ‘catturare’, ridurre, riusare/riciclare, stoccare e rimuovere la CO₂. L’ENEA è impegnata con diversi progetti di ricerca a livello nazionale e internazionale e, nell’Infrastruttura di Ricerca Europea ZECOMIX, presso il Centro della Casaccia, sta sperimentando tecnologie innovative con materiali avanzati per l’edilizia o combustibili in grado di ‘Immagazzinare’ anidride carbonica.

DOI 10.12910/EAI2020-053

di **Stefano Stendardo, Igor Luisetto, Nicola Lisi, Maria Luisa Grilli, Rosa Chierchia**, Laboratorio Ingegneria Processi e sistemi per l’Energia – Dipartimento tecnologie energetiche e fonti rinnovabili – ENEA

Il clima è un delicato equilibrio fondato sullo scambio di energia e materia tra l’atmosfera, l’idrosfera, la biosfera e la litosfera; il cambiamento climatico che l’umanità sta sperimentando è la manifestazione di una diversa riallocazione del carbonio tra queste quattro ‘sfere’ naturali. Nel corso degli ultimi decenni nell’atmosfera e nell’idrosfera sono state riversate ingenti quantità di carbonio in relazione all’utilizzo dei combustibili fossili per produrre energia che hanno generato un forte squilibrio climatico. A fronte di questo squilibrio è quanto mai urgente contrastare la produzione di emissioni di CO₂ e l’impatto sul clima, attraverso attività di ricerca basate su approcci intersettoriali e lo sviluppo di soluzioni che consentano di sfruttare le opportunità rese disponibili dall’innovazione tecnologica.

In ENEA, la Direzione Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili è da tempo impegnata in progetti per la ‘cattura’ e il riuso del carbonio nell’ambito di diversi progetti. Tra questi, uno dei più innovativi è SFERO (Sistemi Flessibili per l’Energia attraverso il Ri-

uso del carbOnio), finanziato all’interno dell’Accordo di Programma con il Ministero dello Sviluppo Economico che propone un approccio sistemico al problema delle emissioni della CO₂ e un nuovo paradigma incentrato sull’utilizzo di una generazione di tecnologie CCS (*Carbon Capture and Storage*) particolarmente avanzate. Rispetto alle metodologie tradizionali che consistono nel ‘rallentare’ le emissioni e, successivamente, nel rimuovere la CO₂ emessa nell’ambiente, il progetto propone una sorta di ‘terza

Processi altamente innovativi

Se le tecnologie CCS mirano principalmente alla riduzione e alla rimozione del carbonio, le tecnologie CCU rendono economicamente sostenibile la cattura della CO₂ valorizzandola in processi di riuso e riciclo della stessa. Tra i principali esempi di processi di riduzione dell’anidride carbonica vi sono la cattura della CO₂ da siti industriali o da impianti di produzione di energia elettrica; la produzione e l’uso dell’idrogeno; l’aumento dell’efficienza

energetica; l’utilizzo di energia rinnovabile, del nucleare e di combustibile a minor contenuto di carbonio. La cattura della CO₂ integrata a tecnologie bio-energetiche, la cattura della CO₂ dall’aria attraverso soluzioni alcaline e la piantumazione accelerata sono le ultime frontiere nel campo delle tecnologie CCS.

Nel progetto SFERO verranno studiati sistemi innovativi per la flessibilità energetica attraverso la cattura il riuso e lo stoccaggio della CO₂, tenendo conto che la crescente penetrazione di fonti rinnovabili non programmabili potrà modificare in modo significativo le caratteristiche dei sistemi di fornitura dell’energia elettrica rendendo necessarie soluzioni per stoccare le eccedenze della produzione. Allo stesso tempo, nonostante un maggiore utilizzo di energia rinnovabile, i processi ad alta intensità di carbonio continueranno ad emettere CO₂. **All’interno del progetto si studiano processi catalitici altamente innovativi alimentati con gli eccessi dell’energia elettrica da fonte rinnovabile, che hanno come obiettivo la conversione della CO₂ e dell’H₂O in com-**

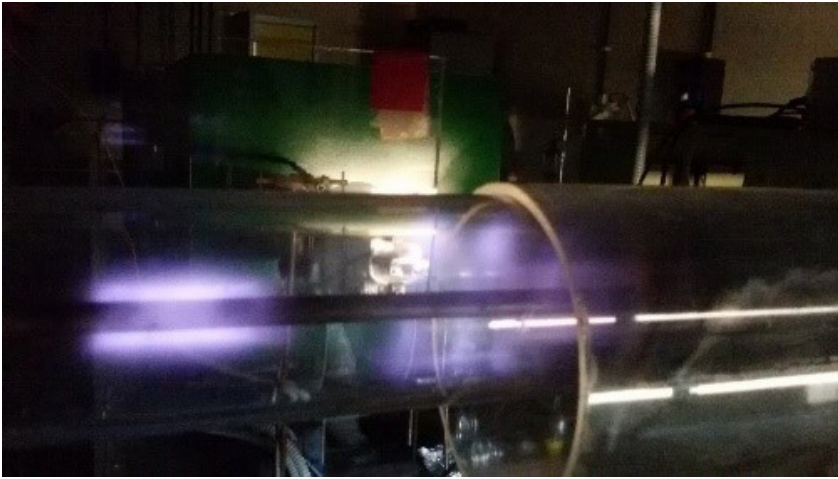


Fig. 1 Reattore al plasma per la produzione di combustibili rinnovabili 'drop-in'

bustibili 'green' a base di carbonio.

Una delle caratteristiche principali dei futuri sistemi energetici è quella di poter operare a carico parziale durante il funzionamento quotidiano con una risposta molto rapida a causa della fluttuazione dell'eccesso di energia rinnovabile. I processi studiati in SFERO prevedono l'uso di reattori al plasma presenti nel Centro Ricerche di ENEA Casaccia (Figura 1) che consentono di convertire quasi istantaneamente (approssimativamente 10^{-5} secondi [2]) molecole inerti come la CO_2 ed H_2O in ioni o radicali altamente reattivi utilizzati come 'mattoni' nella costruzione di molecole più complesse. Inoltre, il plasma è facilmente implementabile in diversi reattori lavoranti in parallelo (cioè una batteria di reattori al plasma) e che in futuro possono essere eserciti all'interno di un plasma farm. Ogni singolo reattore può essere 'spento' o 'acceso' per seguire le forti oscillazioni di energia rinnovabile senza ridurre minimamente l'efficienza durante il carico parziale consentendo, quindi, uno **stoccaggio ultra-flessibile degli eccessi dell'energia**. Infine, i combustibili che verranno prodotti in SFERO potranno essere **drop-in**, ovvero compatibili con le infrastrutture già esistenti di trasporto e dispacciamento senza che queste debbano essere modificate.

La 'carbonatazione' e i nuovi materiali per l'edilizia dalla CO_2

Diverse possono essere le combinazioni di tecnologie di cattura, stoccaggio e valorizzazione della CO_2 , in taluni casi i confini tra i diversi approcci sono così labili che difficilmente un processo può essere definito CCS o CCU. Uno di questi, è la produzione di materiali per l'edilizia attraverso la 'carbonatazione', un processo che consente di

immagazzinare la CO_2 in matrici solide realizzando al contempo materiali che possono essere collocati nel campo dell'edilizia (aggregati per calcestruzzo, mattoni e refrattari in genere).

Anche se la principale opzione per lo stoccaggio della CO_2 rimane il suo confinamento in cavità geologiche, la carbonatazione si propone come valida alternativa economica grazie ai materiali in cui la CO_2 viene fissata in maniera permanente. Le scorie da inceneritori o da particolari processi siderurgici sembrano essere delle buone candidate alla carbonatazione: l'elevato contenuto di CaO presente reagisce con la CO_2 formando il carbonato di calcio ($CaCO_3$). Rispetto alle altre tecnologie CCS, la carbonatazione presenta diversi vantaggi:

- il prodotto di reazione ($CaCO_3$) è chimicamente stabile e non è dannoso per l'ambiente;
- il calore rilasciato durante la carbonatazione potrebbe essere utilizzato per la generazione di energia elettrica a zero emissioni di CO_2 ;
- la carbonatazione può essere associata alla contemporanea produzione di H_2 da reforming del metano.

Infine, il progetto SFERO ambisce al



Fig. 2 Infrastruttura di Ricerca Europea ZECOMIX per lo studio del processo di cattura della CO_2 attraverso un processo di carbonatazione

rafforzamento delle infrastrutture di ricerca sul territorio italiano. Pilastro fondamentale del progetto sarà l'Infrastruttura di Ricerca Europea ZECOMIX [3] [4] (Zero Emission of Carbon with MIXed Technologies) presente all'interno del Centro Ricerche ENEA Casaccia (Figura 2), che è stata promossa da ERIC (European Research Infrastructure Consortium) a infrastruttura ECCSEL

che raccoglie i principali laboratori di ricerca europei nel campo della cattura, stoccaggio e uso della CO₂.

La caratteristica principale delle nuove tecnologie CCUS è quella di proporsi come soluzioni che completano le energie rinnovabili secondo il paradigma dell'economia circolare. Riduzione, riuso, riciclo e rimozione del carbonio sono gli obiettivi di questi nuovi sistemi

simbiotici. Materiali per l'edilizia usati per immagazzinare la CO₂ e combustibili convenzionali drop-in pronti a essere distribuiti nelle infrastrutture potranno essere la chiave per rendere economicamente sostenibile la decarbonizzazione del sistema energetico ed industriale in Italia e nel resto dell'Europa.

L'impianto pilota ZECOMIX e il progetto europeo 'ECCSELERATE'

Utilizzare gli scarti dell'industria siderurgica e del cemento per 'immagazzinare' anidride carbonica e produrre materiali di qualità e a basso costo da impiegare in edilizia e nella cantieristica stradale. È una delle nuove frontiere della ricerca ENEA nel campo della separazione, riutilizzo e confinamento della CO₂ (CCUS - carbon capture, utilization and storage) che sarà testata nell'impianto pilota ZECOMIX presso il Centro ENEA Casaccia (Roma). Anche grazie a queste attività ZECOMIX è stato inserito come infrastruttura di ricerca nel progetto europeo 'ECCSELERATE', finanziato con circa 3,5 milioni dall'Unione Europea nell'ambito del programma Horizon2020. Gli altri partner italiani del progetto sono Sotacarbo, Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali - e Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) che coordina il nodo nazionale della rete europea di laboratori specializzati nella ricerca su cattura e sequestro di CO₂.

L'obiettivo è di rendere il processo di decarbonizzazione di industrie come acciaierie e cementifici economicamente vantaggioso e circolare, facendo sì che gli scarti delle lavorazioni non vadano più a finire in discarica ma servano a catturare la CO₂ prodotta. Una volta esaurita la capacità di stoccare anidride carbonica, questi 'nuovi' materiali saranno reimmessi nei processi industriali per la produzione di cemento e di acciaio, o utilizzati come inerti per fondi stradali. I risultati più promettenti sono attesi nell'industria siderurgica che potrebbe utilizzare le scorie come materie prime per produrre cemento, calcestruzzo e malte, oppure per manufatti, sottofondi e manti stradali con notevoli vantaggi ambientali ed economici. Da un lato, infatti, si

utilizzano scarti di produzione e, dall'altro, si ottengono materiali di qualità con caratteristiche chimiche e fisiche migliorate a seguito della reazione con la CO₂. La sola produzione di acciaio da ciclo integrale, escludendo la fase iniziale di produzione di ghisa, genera ogni anno, a livello mondiale, circa 126 milioni di tonnellate di scorie che, con queste nuove tecnologie, potrebbero stoccare da 6 a 9 milioni di tonnellate di CO₂ e produrre nuova materia prima. La cattura e il sequestro della CO₂ tramite carbonatazione potrebbero inoltre essere impiegate nel trattamento di altre tipologie di scarti come le ceneri e le scorie prodotte dalla combustione di carbone, dalla termovalorizzazione di rifiuti urbani e i residui di costruzioni e demolizioni.

Nell'infrastruttura ZECOMIX si studieranno anche altre possibilità di riuso dell'anidride carbonica, quali ad esempio la produzione di combustibili come metanolo e kerosene. Inizialmente la principale 'fonte' di CO₂ potrebbero essere le emissioni delle centrali elettriche tradizionali e gli scarti di cementifici e di altri impianti industriali ma, in prospettiva, la CO₂ potrebbe essere 'catturata' direttamente in atmosfera (la cosiddetta 'Direct Air Capture') o utilizzata per produrre 'combustibili da carbonio non-fossile', come già sperimentato in Islanda. L'International Energy Agency (IEA) stima che attualmente le infrastrutture CCS esistenti a livello mondiale siano in grado di catturare oltre 35 milioni di tonnellate CO₂ l'anno – pari alle emissioni annuali di un paese come l'Irlanda – e che sia necessario aumentare di 20 volte i tassi annuali di cattura di CO₂ dalle centrali elettriche e dalle industrie nel prossimo decennio.

Per maggiori informazioni:

<https://eccsel.org/about/eccselerate/> https://www.eccsel.org/facilities/capture/it31_enea_zecomix/
cattura CO₂ materiali edilizi *cattura CO₂ materiali edilizia*

BIBLIOGRAFIA

1. Gabrielli, P., et al., The Role of Carbon Capture and Utilization, Carbon Capture and Storage, and Biomass to Enable a Net-Zero-CO₂ Emissions Chemical Industry. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2020. 59(15): p. 7033-7045
2. Snoeckx, R., et al., Plasma-Based Dry Reforming: A Computational Study Ranging from the Nanoseconds to Seconds Time Scale. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2013. 117(10): p. 4957-4970
3. Stendardo, S., et al., High quality syngas production via steam-oxygen blown bubbling fluidised bed gasifier. *Energy*, 2016. 103: p. 697-708
4. Stendardo, S., et al., Test sperimentale e simulazione numerica del processo SE-WGS nell'infrastruttura di ricerca ZECOMIX. (2015) Report RdS/PAR2014/248

Energia dal mare, la politica europea e le prospettive per la regione mediterranea

L'energia dal mare sta diventando sempre più una prospettiva concreta ed una valida opzione che potrà affiancare le altre fonti rinnovabili nel mix energetico nei prossimi anni anche in riferimento all'area mediterranea. Il nostro Paese è all'avanguardia nella ricerca, sviluppo e sperimentazione di dispositivi prototipali e precommerciali in questo settore e sta guadagnando visibilità internazionale, con possibilità di esportazione per le tecnologie più avanzate.

DOI 10.12910/EAI2020-054

di **Gianmaria Sannino**, Responsabile del Laboratorio Modellistica climatica e impatti, ENEA - **Adriana Carillo**, **Maria Vittoria Struglia**, Laboratorio Modellistica climatica e impatti, ENEA

Entro il 2050 l'energia elettrica dovrà essere prodotta con tecnologie esenti da emissioni, a basso costo e flessibili: fra le opzioni più promettenti in questa direzione, l'energia dal mare – sia dalle correnti di marea che dal moto ondoso che negli ultimi anni è entrata a far parte della strategia generale dell'UE. Infatti, nel 2017 è stato creato un gruppo di lavoro dedicato a questo settore nell'ambito del SET-Plan¹, il Piano strategico per le tecnologie energetiche che ha recentemente pubblicato specifici piani di attuazione, delineando azioni prioritarie per promuovere gli sviluppi futuri (SET-Plan, 2018). Il gruppo di lavoro è composto da 10 Stati membri dell'UE: Gran Bretagna, Italia, Spagna, Francia, Belgio, Portogallo, Germania, Irlanda, Cipro, Svezia. Ad esso hanno aderito anche altre parti interessate, come le agenzie governative competenti, i rappresentanti regionali e dei settori industria e istruzione e le associazioni di ricerca. Per l'energia

oceanica, gli obiettivi comuni concordati sono:

- raggiungere la diffusione commerciale,
- ridurre il costo livellato dell'energia (LCoE)²,
- consolidare la posizione di leadership dell'Europa nel settore,
- rafforzare la base tecnologica industriale europea per creare crescita economica, posti di lavoro e consentire all'Europa di competere su una scena globale.

In particolare, il gruppo di lavoro ha concordato di fissare obiettivi quantitativi per il LCoE: 15 centesimi di euro/kWh nel 2025 e 10 nel 2030 per il flusso delle maree, 20 centesimi di euro/kWh nel 2025, 15 nel 2030 e 10 nel 2035 per l'energia dalle onde. Ci si aspetta infatti che attraverso una rapida convergenza tecnologica quest'ultima tecnologia segua lo stesso percorso dell'energia dalle maree, tecnologicamente più consolidata, e raggiunga gli stessi obiettivi con cinque anni di ritardo.

400mila nuovi posti di lavoro

Con questa tabella di marcia, entro il 2050 l'Europa potrà contare su 100 GW dall'energia dal mare - equivalenti al 10% dell'attuale consumo europeo - ed aggiungersi alle varie fonti di energia rinnovabile, come l'eolico e il solare, che domineranno il sistema elettrico europeo nel 2050. Entro questa stessa data, il settore creerà 400.000 nuovi posti di lavoro a livello europeo. Il vantaggio tecnologico dell'Europa nel settore dell'energia oceanica garantirà alle aziende europee un'ampia quota di un forte mercato globale, come avvenuto per l'eolico offshore. Con zero emissioni di carbonio, l'energia oceanica contribuirà ad affrontare il cambiamento climatico e a realizzare un'Europa più pulita, più sostenibile e più prospera. **Se negli anni passati lo sviluppo dell'energia marina non è stata una priorità nel Mediterraneo, in quanto il settore era considerato meno competitivo se confrontato con altre rin-**

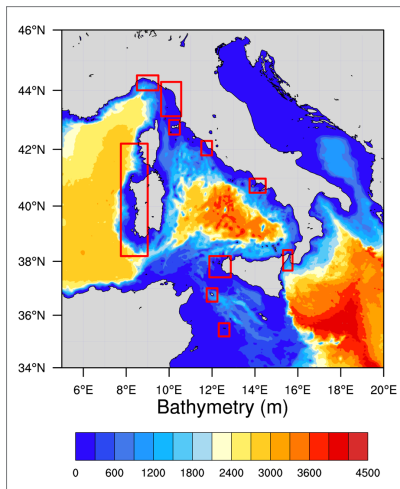


Fig. 1 Bathimetria utilizzata dal modello di onde nella zona intorno all'Italia e indicazione dei sottobacini su cui sono disponibili previsioni ad alta risoluzione

novabili (ad esempio, solare o energia eolica terrestre), la situazione sta invece rapidamente cambiando. Infatti, il potenziale contributo dell'energia dal mare al futuro bilancio energetico della nostra area non va sottovalutato, in quanto i recenti sviluppi tecnologici dei convertitori di energia da onde e correnti più efficienti e di minor costo hanno reso più realistico il raggiungimento del costo livellato dell'energia prefissato anche nelle zone mediterranee. A questo si aggiunge che il Mediterraneo è un ambiente fragile e prezioso, dove tutela del paesaggio e impatto ambientale devono essere posti in primo piano, per cui l'adozione di dispositivi meno invasivi quali i convertitori da onde e correnti, può essere preferibile all'eolico off-shore. È da sottolineare, infatti, che recenti studi condotti dai maggiori centri di ricerca internazionali (Copping et al., 2020) e nazionali, tra cui il CNR e l'ENEA (Buscaino et al, 2019), hanno evidenziato il bassissimo impatto ambientale degli attuali prototipi più promettenti.

Rafforzare il ruolo dell'energia dal mare nel Mediterraneo

Rafforzare il ruolo dell'energia dal mare nel Mediterraneo ora appare più una necessità che una scelta, come testimonia il crescente interesse degli enti locali (ad esempio l'ANCIM italiana, Associazione Nazionale Comuni Isole Minori). Infatti, oltre all'impiego su scala industriale, i dispositivi per l'energia dal mare possono coprire i fabbisogni di mercati locali ed isolati, rispetto ai quali sono già competitivi, ad esempio generatori diesel, utilizzati per un impianti di dissalazione o allevamenti ittici. **Nel settore dell'energia dal mare, la ricerca italiana ha compiuto enormi progressi, guadagnando visibilità internazionale tra gli addetti ai lavori e aprendo possibilità di esportazione per le tecnologie più avanzate.** Nuovi investimenti e politiche mirate permetterebbero ora di realizzarne pienamente l'indubbio potenziale di crescita economica, favorendo la possibilità di diversificazione del prodotto per le piccole e medie imprese direttamente coinvolte e dell'indotto e la nascita di economie di scala, creando lavoro ad alto valore aggiunto e consolidando la posizione strategica dell'industria italiana su un mercato globale estremamente competitivo.

Il crescente interesse strategico italiano nel settore dell'energia blu si riflette nella vitalità di una comunità scientifica

e tecnica consolidata, che conta sulla partecipazione attiva di università, spin-off, piccole e medie imprese e grande industria e che è stabilmente coinvolta in prestigiose collaborazioni e progetti di ricerca internazionali. Grazie ai loro sforzi l'Italia è all'avanguardia nella ricerca, sviluppo e sperimentazione di dispositivi prototipali e pre-commerciali per la conversione dell'energia dal mare. Ciò è confermato dal numero di partnership internazionali in cui gli attori italiani sono coinvolti attivamente. A gennaio 2020 l'Italia ha presentato il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), fissando obiettivi energetici e ambientali impegnativi per il 2030. Secondo il PNIEC le rinnovabili sono destinate a crescere notevolmente in Italia, raggiungendo elevati livelli di penetrazione nel settore elettrico, intorno al 55%. Un ruolo fondamentale sarà svolto da tecnologie mature come il fotovoltaico e gli impianti eolici, ma anche dalle tecnologie innovative promettenti come le marine. In questo contesto il PNIEC ha annunciato che saranno messe in atto misure ad hoc valutando diversi schemi di supporto.

La ricerca ENEA

Anche l'ENEA è impegnata attiva-

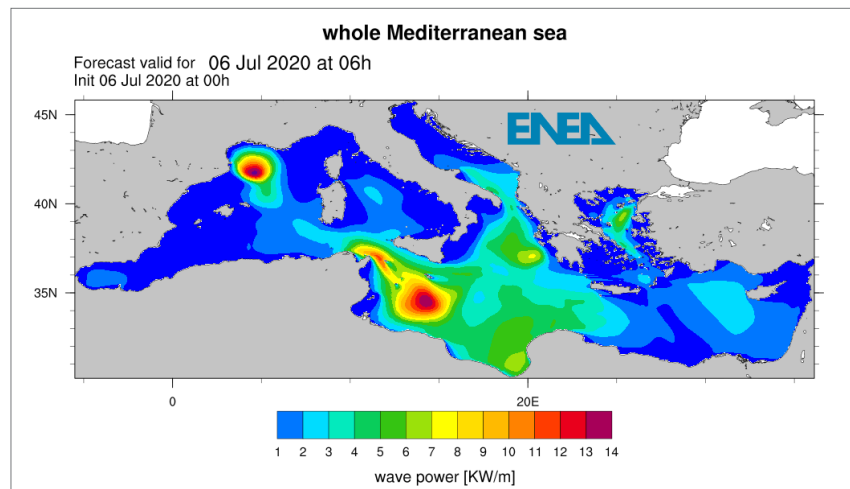


Fig. 2 Esempio di previsione per le ore 6 del 6 luglio 2020 della potenza delle onde per tutto il Mediterraneo tratta dalla pagina web <https://giotto.casaccia.enea.it/waves/>

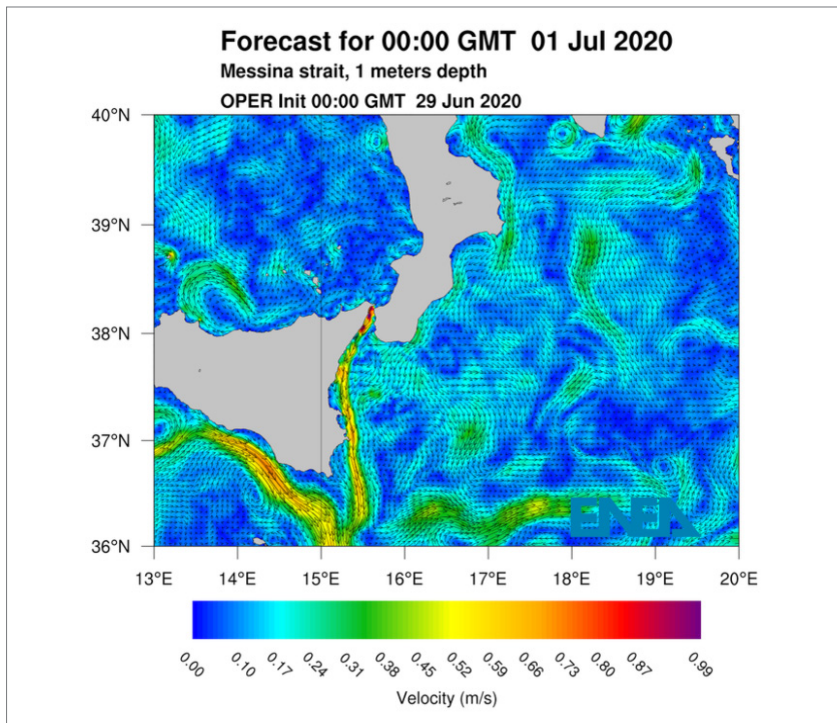


Fig. 3 Esempio di previsione di circolazione a 1 m di profondità per l'area dello stretto di Messina tratta dalla pagina web <https://giotto.casaccia.enea.it/MITO/>

mente nel campo dell'energia dal mare sia con lo sviluppo di prototipi per lo sfruttamento energetico delle onde (impianto PEWEC) che con modelli climatologici e di previsioni ad alta risoluzione del moto ondoso e della circolazione marina. I sistemi di previsione sviluppati sono in grado di fornire dati di temperatura, salinità e velocità delle correnti marine con un dettaglio spaziale che va da 2 km fino a poche centinaia di metri nel caso degli stretti di Gibilterra, dei Dardanelli e del Bosforo, e previsioni dello stato del mare a una risoluzione pari a circa 800 metri in aree costiere di elevato interesse. Entrambi i modelli utilizzano il super computer di ENEA "CRESCO6" da 1,4 milioni di miliardi di operazioni matematiche al secondo. Il sistema per la previsione del moto ondoso, e dell'energia ad esso associata, è stato sviluppato per l'intero bacino Mediterraneo, coprendo in longitudine l'area tra 5.50°W e 36.125°E e in latitudine

tra 30.2 °N e 45.825°N, ad una risoluzione di 1/32°. È basato sul modello numerico di simulazione del moto ondoso WAM (WAVE prediction Model; WAMDI, 1988, Günther et al., 2011), utilizzato sia dai principali centri di ricerca che nei sistemi per la previsione dello stato del mare.

I forzanti necessari per la realizzazione delle previsioni operative dello stato del mare sono costituiti dai campi di vento prodotti da sistemi operativi di previsione meteorologica. Tali campi devono essere prodotti in modo continuativo, essere disponibili in tempi brevi dopo la loro produzione ed avere un'elevata risoluzione spaziale, data la complessità della topografia delle aree circostanti il bacino mediterraneo. Il modello descrive in maniera esplicita l'evoluzione dello spettro di densità di energia, che è stato discretizzato utilizzando 36 direzioni angolari, corrispondenti a 10°, e 32 intervalli di frequenza, a partire da 0.06 Hz. Sono

stati scelti come forzante i dati delle previsioni fornite dal sistema SKIRON (Papadopoulos et al., 2002), sviluppato dall'Atmospheric Modeling and Weather Forecasting Group dell'Università di Atene. Tale sistema fornisce previsioni per un intervallo di tempo di 5 giorni ad una risoluzione temporale di 1 ora e alla risoluzione spaziale 0.05° x 0.05°. Per essere usata a fini ingegneristici, la catena operativa dell'ENEA è completata da una serie di modelli realizzati ad una risoluzione di circa 1/128° (700-800 m), nelle zone ritenute interessanti (Figura 1) (Carillo et al., 2015). Su queste aree viene utilizzato SWAN (Simulating WAVes Nearshore) (Booij, et al. 1999), un modello specificamente disegnato per la simulazione in acque basse. La previsione sull'intero bacino mediterraneo è comunque indispensabile per fornire le condizioni al contorno ai vari sotto-bacini. L'intensità del moto ondoso dipende infatti sia dalle condizioni locali del vento che dalla propagazione delle onde da zone limitrofe; questa seconda componente può essere dominante a seconda delle condizioni meteorologiche.

Il sistema operativo di circolazione oceanica dell'ENEA è basato sul modello numerico MITgcm, sviluppato da Marshall et al. (1997). Il modello tridimensionale copre i bacini dei mari Mediterraneo e Nero. La simulazione diretta dello scambio tra i due bacini è uno degli aspetti significativi del modello che è caratterizzato da una griglia di calcolo alla risoluzione di 1/48° (circa 2 km) per la maggior parte del dominio, e da risoluzioni molto più elevate, che raggiungono i 250 m, nelle zone in cui è più importante risolvere la dinamica locale, corrispondenti agli stretti di Gibilterra, Dardanelli e Bosforo. Il dominio verticale è discretizzato in 100 livelli verticali che hanno il valore minimo di 2 m in superficie ed aumentano con la profondità. Il modello include in maniera esplicita il forzante mareale che si propaga dall'oceano Atlantico attraverso lo stretto di Gibilterra e la componente di marea locale (Palma et al., 2020).

Le previsioni operative

Il sistema per la previsione dello stato del mare è attivo in modalità operativa dal giugno 2013 e le previsioni, per una durata di cinque giorni, vengono effettuate ogni mattina e sono disponibili sulla pagina web <https://giotto.casaccia.enea.it/waves/>. In particolare, vengono pubblicate, per tutto l'intervallo della simulazione e con frequenza oraria, le mappe con le previsioni relative all'energia da moto ondoso, all'altezza significativa dell'onda ed al periodo medio. Nella Figura 2 è mostrato un esempio di

mappa dell'energia, tratto dal sito ENEA. **Anche il sistema per la previsione della circolazione è attualmente operativo e i risultati possono essere visualizzati sulla pagina web <https://giotto.casaccia.enea.it/MITO/>.**

Un esempio di mappa di previsione a 48 h della circolazione nella zona che include lo stretto di Messina è mostrato in Figura 3. Sul sito sono presenti mappe orarie relative a temperatura, salinità e circolazione marina sia per l'intero dominio di calcolo che su una serie di sotto-regioni. Tutti i forzanti superficiali per il modello di circolazione, che ol-

tre ai campi superficiali del vento sono rappresentati anche da flussi di acqua e di calore, sono ricavati dalle simulazioni con il modello SKIRON. Condizioni iniziali e laterali, relative al flusso entrante a Gibilterra, sono invece ricavate dal sistema operativo Copernicus. **Ci troviamo quindi ad un punto di svolta per lo sfruttamento dell'energia dal mare, pienamente considerata nella strategia energetica europea al 2050, e siamo pronti ad iniziare a raccogliere i frutti di una decina di anni di intenso lavoro sul fronte della ricerca e dello sviluppo tecnologico.**

- ¹ Il Piano strategico per le tecnologie energetiche (SET-PLAN) è il nuovo approccio europeo per la ricerca e l'innovazione energetica (R&I) volto proprio ad accelerare la trasformazione del sistema energetico dell'UE e a portare sul mercato nuove e promettenti tecnologie energetiche a emissioni zero, facendone scendere i costi di produzione e coordinando gli sforzi di ricerca degli Stati membri
- ² Il costo livellato dell'energia (levelized cost of energy o LCOE, noto anche come levelized energy cost o LEC) è un indice della competitività di diverse tecnologie di generazione di energia elettrica, diversificate per tipo di fonte e durata della vita media degli impianti. Rappresenta una stima economica del costo medio necessario per finanziare e mantenere un impianto di produzione energetica nel corso della sua vita utile, in rapporto alla quantità totale di energia generata durante lo stesso intervallo di tempo

BIBLIOGRAFIA

- Booij, N. & Ris, R. & Holthuijsen, Leo. (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *J. Geophys. Res.* 104. 7649-7656
- Buscaino, G., Mattiazzo, G., Sannino, G. et al. Acoustic impact of a wave energy converter in Mediterranean shallow waters. *Sci Rep* 9, 9586 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45926-1>
- Carillo, A., Sannino, G., Lombardi, E. (2015). Wave energy potential: A forecasting system for the Mediterranean basin in "Speciale ENEA. Ocean energy: ongoing research in Italy". <https://doi.org/10.12910/EAI2015-053>
- Copping, A.E. and Hemery, L.G., editors (2020). OES-Environmental 2020 State of the Science Report: *Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World*. Report for Ocean Energy Systems (OES)
- ETIP OCEAN "Strategic Research and Innovation Agenda for Ocean Energy" (2020) <https://www.etipocean.eu/assets/Uploads/ETIP-Ocean-SRIA.pdf>
- Gunther, H, Behrens, A (2011). The WAM model-validation document version 4.5.3. Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG), Centre for Materials and Coastal Research, Teltow
- Marshall, J., Adcroft, A., Hill, C., Perelman, L., Heisey, C., (1997). A finite-volume, incompressible Navier–Stokes model for, studies of the ocean on parallel computers. *J. Geophys. Res.* 102 (C3), 5753–5766
- Palma, M., Iacono, R., Sannino, G. et al. (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. <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01364-6>
- Papadopoulos, A., P. Katsafados, and G. Kallos (2002): Regional weather forecasting for marine application. *GAOS Vol. 8, No 2-3*, 219-237
- The WAMDI Group, (1988). The WAM Model - A Third Generation Ocean Wave Prediction Model. *Journal of Physical Oceanography*, 18, 1775-1810

Il modulo fotovoltaico, una miniera di risorse se il fine vita è virtuoso

Individuare metodi sostenibili per lo smaltimento dei moduli fotovoltaici giunti a fine vita è essenziale, tenuto conto della straordinaria crescita del mercato in questi anni e del “life time” di almeno 20-30 anni dei pannelli. Lo sviluppo e l’applicazione di idonee tecniche di riciclaggio consente di arrivare ad un fine vita virtuoso, evitando rilasci di sostanze inquinanti e facendo sì che materiali e componenti recuperati, spesso di alto valore, possano entrare in un nuovo ciclo produttivo, con un risparmio economico, di energia e minore impatto per salute e ambiente.

DOI 10.12910/EAI2020-055

di **Laura Maria Padovani e Paola Carrabba**, Servizio monitoraggio e valutazione delle tecnologie, Unità Studi, Analisi e Valutazioni, ENEA

Circa 2,1 milioni di tonnellate di pannelli solari da smaltire nel 2050: questi i numeri del fotovoltaico in Italia valutati da uno studio dell’IRENA (Agenzia Internazionale per l’Energia Rinnovabile) [1]. Con una durata media di 25 anni, ad oggi i pannelli che hanno già raggiunto il fine vita sono pochi: pur tuttavia circa 1.000 tonnellate di rifiuti fotovoltaici sono stati smaltiti in Italia nel 2018. Una montagna di vetro, plastica e silicio che, se trattata correttamente, può diventare una risorsa, in luogo di una vera emergenza ecologica, soprattutto negli anni a venire. Infatti, se l’utilizzo di energia da fotovoltaico viene considerato una scelta “a basso impatto ambientale” in quanto sfrutta una fonte ‘pulita’ quale è il sole, evitando la produzione di gas a effetto serra, numerosi studi [2] [3] evidenziano le criticità del solare fotovoltaico nelle fasi di fine vita a causa del **rischio di rilascio di sostanze altamente inquinanti nel terreno, nelle falde acquifere o in atmosfera**. Ciò è vero, in particolare, se i moduli

vengono **smaltiti tal quali in discarica, o avviati a processi di incenerimento nei quali possono rilasciare sostanze altamente inquinanti nei terreni, nelle falde acquifere o in atmosfera**. Da qui l’importanza della messa a punto di adeguati processi di gestione del fine vita attraverso opportune tecnologie di smaltimento/riciclaggio¹.

Lo sviluppo e l’adozione di tecniche di riciclaggio di elevato valore nell’ambito della gestione del fine vita consentirà di chiudere in maniera virtuosa il ciclo di vita di questi dispositivi, facendo sì che i materiali e i componenti recuperati vengano introdotti in un nuovo ciclo produttivo, con un risparmio in termini energetici ed economici ed una diminuzione degli impatti su ambiente e salute (Tabella 1). Inoltre, la messa a punto di appropriate attività di smaltimento degli impianti fotovoltaici avrà un ruolo strategico per ‘alleggerire’ i condizionamenti sulla catena di approvvigionamento dell’industria fotovoltaica e per il corretto uso di materiali e sostanze in ottica di economia circolare [5].

Pannelli fotovoltaici e Life Cycle Assessment

L’elemento più critico per l’ambiente legato al fine vita dei pannelli fotovoltaici è sostanzialmente legato a operazioni improprie quali danni delle strutture incapsulanti, abbandoni in ambiente, smaltimenti errati, oppure anche incidenti industriali durante le fasi di trattamento. Situazioni del genere possono provocare un rilascio di metalli e sostanze pericolose, con un impatto ambientale e sulla salute molto rilevante [7].

La legislazione vigente accomuna i pannelli fotovoltaici al RAEE, ovvero Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, e ne prevede lo smaltimento attraverso procedure codificate. In particolare, i materiali di elevato valore dovrebbero essere raccolti e riutilizzati in modo da ridurre la richiesta delle materie prime, l’impatto ambientale derivante dal loro smaltimento in discarica, e di conseguenza la quantità di energia necessaria nel ciclo produttivo, con ovvi risparmi di emissioni. **Inoltre occorre tenere**

Tab. 1 Principali elementi contenuti nei pannelli fotovoltaici per tipologia (x-Si: pannelli al Silicio; CdTe: pannelli al tellururo di cadmio; CIGS/CIS: pannelli a rame, indio, gallio, selenio): % in peso dei materiali utilizzati e percentuale di riciclabilità. (-): assente. (n.d.): non determinato [6]

Materiale	x-Si (%)	CdTe (%)	CIGS/CIS (%)	Riciclabilità (%)
Alluminio (Al)	17,5	-	-	100
Rame (Cu)	1,0	0,03	n.d.	78
EVA	12,8	3,00	3,00	n.d.
Silicio (Si)	2,9	-	-	85
Vetro	65,8	96,80	96,80	97
Cadmio (Cd)	-	0,08	-	99
Stagno (Sn)	-	0,02	-	99
Tellurio (Te)	-	0,07	-	95
Gallio (Ga)	-	-	0,01	99
Indio (In)	-	-	0,01	75
Molibdeno (Mo)	-	-	0,12	99
Selenio (Se)	-	-	0,01	80
Zinco (Zn)	-	-	0,04	90

conto dell'aspetto economico: i pannelli sono prodotti con materiali di alto valore (ad esempio l'argento, il tellurio, il gallio, l'indio ecc.), il cui riciclo/riuso può portare a vantaggi rilevanti. Studi condotti dall'ENEA evidenziano che non è possibile definire con esattezza il contenuto di metalli o sostanze pericolose nei moduli fotovoltaici [3] [5] in quanto pannelli tecnologicamente simili, ma costruiti da differenti produttori, possono contenere differenti sostanze potenzialmente impattanti, a causa delle diverse tipologie di brevetti utilizzati [1]. In particolare, gli studi condotti nel Dipartimento Tecnologie Energetiche si focalizzano sulle tecniche di riciclaggio e sulla possibilità di sostituire alcuni componenti come ad esempio i polimeri fluorurati, comunemente utilizzati per lo strato isolante posteriore dei moduli, con altri materiali ecocompatibili, quali i bio-polimeri. In questo modo, il po-

tenziale impatto ambientale verrebbe ridotto pur garantendo l'affidabilità del modulo [5].

I processi cui sono sottoposti i pannelli fotovoltaici a fine vita sono numerosi [4]: fisico (frantumazione, flottazione, sabbatura ecc.), termico (combustione), chimico (dissoluzione mediante solventi) o di tipo fisico-chimico combinato. In molti casi un tipo di processo si alterna ad un altro, fino al recupero/trattamento completo dei pannelli. In molte fasi di trattamento è possibile individuare passaggi potenzialmente pericolosi per l'ambiente e la salute. In alcuni casi si tratta di processi che richiedono un utilizzo energetico molto elevato, che vanno quindi attentamente valutati in termini di LCA (Life Cycle Assessment).

Incremento dei rifiuti, impatti e costi

Alcuni autori [6] stimano un incre-

mento drammatico dei rifiuti provenienti da fotovoltaico da qui al 2050, a livello sia europeo che italiano (Tabella 2). Un tentativo di valutazione al 2050 del danno ambientale da lisciviazione di piombo derivante dai pannelli al silicio cristallino e di cadmio dai pannelli al tellururo di cadmio non correttamente riciclati/smaltiti a fine vita, indica un costo ambientale di circa 2 miliardi di euro per il piombo e di 14 milioni di euro per il cadmio [6]. Questo computo è relativo al solo aspetto legato alla salute umana e non tiene conto del possibile inquinamento atmosferico o delle falde acquifere.

Un discorso a parte va fatto in relazione alle emissioni di gas climalteranti derivanti dall'utilizzo dei pannelli fotovoltaici, dove l'unità di misura considerata è l'emissione di CO₂-eq/kWh misurata in grammi, prendendo in considerazione le fasi di estrazione e costruzione, installazione,

Tab. 2 Stima delle tonnellate di rifiuti da pannelli fotovoltaici in Europa e in Italia
Fonte: Malandrino et al., 2017

Anno	2013	2020	2030	2040	2050
Europa	11.395	33.000	133.000	4.000.000	9.500.000
Italia	1.757	1.000	5.000	1.000.000	n.d.

esercizio e fine vita. Questi sono aspetti fondamentali per la valutazione di LCA della tecnologia considerata. Dalla stima delle emissioni medie di gas climalteranti per i diversi tipi di pannello, si vede come quelli meno impattanti dal punto di vista delle emissioni climalteranti siano i

pannelli a tellururo di cadmio (con una media emissiva di 19,39 g CO₂-eq/kWh), seguiti dai pannelli a silicio amorfo (20,5 g CO₂-eq/kWh), dai pannelli CIGS (26,5 g CO₂-eq/kWh) e dai pannelli c-Si (34,5 g CO₂-eq/kWh). Ovviamente la valutazione delle emissioni climalteranti è in

funzione di una serie di fattori molto legati alle caratteristiche intrinseche degli impianti, e quindi queste indicazioni, che sono necessariamente generiche, debbono essere considerate esclusivamente come una indicazione di tendenza [6].

Per quel che riguarda la percen-

Potenziali rilasci nell'ambiente di sostanze nella fase di fine vita del fotovoltaico

Un recente studio ENEA [6] stima i potenziali rilasci negli anni degli elementi chimici contenuti nei pannelli a silicio cristallino (c-Si – Figura 1) e nei pannelli a film sottile (TF – Figura 2), nei due casi di un abbandono tal quale nell'ambiente e di uno smaltimento tal quale in discarica, calcolati sulla base delle stime di dismissione annue [2].

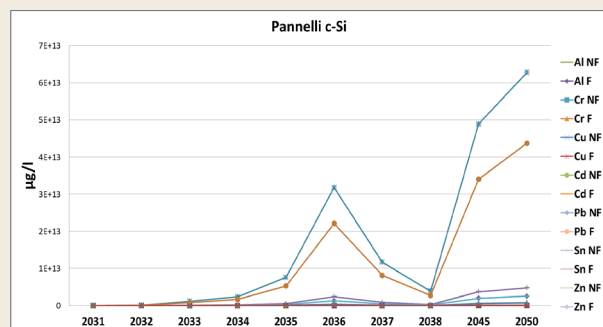


Fig. 1 Dati di dispersione in ambiente tramite lisciviazione (µg/L) dei singoli elementi chimici contenuti nei pannelli al silicio cristallino (c-Si). Proiezione al 2050. La flessione relativa agli anni 2037-2038 dipende dai dati riportati in letteratura [6]

Come si può vedere dalla Figura 1, per quanto riguarda i pannelli c-Si, il maggior pericolo di dispersione riguarda

il piombo, che supera abbondantemente in quantità tutti gli altri elementi, seguito dall'alluminio.

La Figura 2, relativa alla potenziale dispersione in ambiente tramite lisciviazione da pannelli a film sottile, mostra che i dati più alti di dispersione riguardano l'alluminio e il molibdeno, il manganese, il cadmio, lo zinco, il piombo, il selenio (e così via), per quantità sempre minori di sostanze potenzialmente liscivate. Diminuisce, in questo caso, la pericolosità relativa alla dispersione del piombo, mentre resta elevata quella relativa all'alluminio.

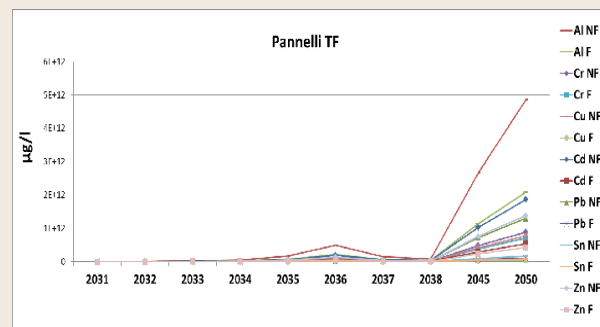


Fig. 2 Dati di dispersione in ambiente tramite lisciviazione (µg/L) dei singoli elementi chimici contenuti nei pannelli a film sottile (TF). Proiezione al 2050. La flessione relativa agli anni 2037-2038 dipende dai dati riportati in letteratura [6]

Il progetto RESIELP per il recupero dei materiali da pannelli fotovoltaici

Il progetto RESIELP (Recovery of Silicon and other materials from End-of-Life Photovoltaic Panels) nasce con l'obiettivo di recuperare materiali preziosi dai pannelli fotovoltaici. Finanziato con 2 milioni e mezzo di euro nell'ambito della KIC Raw Materials, la Knowledge Innovation Community sulle materie prime, ReSiELP vede la partecipazione per l'Italia dell'ENEA, dell'Università di Padova, delle aziende ITO e Relight e del CETMA (Centro di Ricerche Europeo di Technologie, Design e Materiali). Partecipano inoltre la società di consulenza austriaca Proko e le ungheresi Bay Zoltan (società non-profit per la ricerca) e la PMI Magyarmet; il coordinamento è della francese CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives).

Il progetto si sviluppa sull'arco di 36 mesi e prevede la realizzazione nello stabilimento milanese della Relight di un impianto prototipale zero waste per il recupero di materiali dei pannelli fotovoltaici a fine vita (silicio, argento, rame, vetro e alluminio), in linea con la direttiva europea

sui Rifiuti RAEE 2012/19/EU, recepita in Italia dal Decreto legislativo 49/2014 che impone il recupero dell'85% del peso del materiale (che corrisponde al peso del vetro e dell'alluminio nei pannelli in silicio cristallino)².

RESIELP mira anche al recupero e riciclo dei materiali contenuti nel restante 15% del peso, ovvero la parte costituita dalle celle che contiene i materiali più preziosi come silicio, argento e rame. Si tratta di obiettivi strategici nella prospettiva dell'approvvigionamento di risorse e materie prime ad elevato valore aggiunto, come quelle contenute negli elementi dei moduli fotovoltaici o in altri rifiuti elettronici, che rappresentano una nuova sfida ambientale, ma offrono anche rilevanti opportunità di business.

ENEA è coinvolta con numerosi laboratori per un approccio trasversale e integrato nella valutazione degli aspetti ambientali dei processi di recupero e supportare la progettazione dell'impianto per il trattamento termico dei pannelli e dei sistemi di trattamento dei reflui liquidi e gassosi³. Per approfondimenti il referente del progetto è marco.tammaro@enea.it



tuale di riciclabilità delle sostanze, differenti metodi di riciclaggio raggiungono risultati differenti. Vale la pena ricordare che alcuni elementi sono presenti in percentuali molto basse. L'opportunità del loro recupero a fine vita del pannello fotovoltaico dipenderà non solo dalla possibilità tecnica di realizzare l'azione, ma anche dal costo/beneficio del processo in termini economici.

In questo contesto si inserisce il Progetto RESIELP (REcovery of silicon and other materials from end of life Photovoltaic panels – vedi riquadro) che ha come obiettivo la realizzazione, in Italia, di un impianto pilota in grado di recuperare da pannelli fotovoltaici a fine vita non soltanto alluminio e vetro, ma anche materiali come silicio, argento e rame. Inoltre, il Laboratorio tecnologie per il riuso, il riciclo, il recupero e la valorizza-

zione di rifiuti e materiali detiene un brevetto (IT102017000033488, accettato 10-07-2019) per il recupero dei materiali dai pannelli a fine vita mediante un processo a basso impatto ambientale.

Nel caso in cui dalla valutazione del rapporto costi/benefici non emerga una convenienza economica nel recupero e riciclo del materiale fotovoltaico, è possibile che i materiali raccolti possano finire tal quali in discarica. Questo non è certamente il migliore scenario possibile, ma molto peggio sarebbe se gli impianti fotovoltaici fossero semplicemente “dimenticati” sui luoghi di installazione, in balia degli agenti atmosferici e delle rotture casuali, al fine di evitare i costi relativi a rimozione e smaltimento.

È quindi opportuno individuare le migliori procedure e tecnologie che permettano il trattamento e il recu-

pero a fine vita dei pannelli fotovoltaici in un modo sostenibile dal punto di vista ambientale ed economico. Non va persa l'occasione per tentare di ottimizzare queste procedure, ricordando che una tecnologia, per poter essere considerata realmente sostenibile, deve rispondere non solo a considerazioni di natura energetica, ma anche di economicità, sostenibilità ambientale e utilità sociale. Su questo fronte l'ENEA è impegnata con i suoi laboratori a livello di analisi, studio e sviluppo di tecnologie innovative.

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi Marco Tammaro e Franco Roca per il supporto nella stesura di questo articolo.

- ¹ Il Decreto legislativo 49/2014 stabilisce che i pannelli fotovoltaici sono da considerarsi RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche), soggetti quindi a trattamento per recuperarne fino all'85% in peso. La parte rimanente "potrebbe" andare in discarica. La ricerca condotta in ENEA per aumentare la % di riciclabilità dei moduli è stata già oggetto di reporting [4] e di un articolo pubblicato su questa rivista ove sono state presentate soprattutto le tecnologie per il riciclaggio dei moduli [5]. Qui si evidenziano soprattutto i rischi per l'ambiente legati ad un abbandono improprio
- ² L'obiettivo è di raggiungere un grado di maturità tecnologica TRL7 (Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo) al completamento del progetto, per arrivare poi a un TRL 9 entro tre anni dalla sua conclusione (Sistema reale provato in ambiente operativo - produzione competitiva, commercializzazioni)
- ³ Sono coinvolti i Laboratorio Tecnologie per il Riuso, il Riciclo, il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali; Tecnologie per l'uso e gestione efficiente di acqua e reflui; Valorizzazione delle risorse nei sistemi produttivi e territoriali BIOGEOC del Dipartimento sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli e Divisione Protezione e valorizzazione del territorio e del capitale naturale

BIBLIOGRAFIA

1. IRENA and IEA-PVPS (2016), "End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels"- <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>
2. A. Paiano (2015), "Photovoltaic waste assessment in Italy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, pp. 99–112
3. M. Tammaro, A. Salluzzo, J. Rimauro, S. Schiavo, S. Manzo (2016), "Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels", *Journal of Hazardous Materials*, 306, pp. 395–405
4. V. Fiandra, L. Sannino, C. Andreozzi, F. Corcelli, G. Graditi (2019), "Silicon photovoltaic modules at end-of-life: Removal of polymeric layers and separation of materials", *Waste Management*, 87:97-107
5. M. Tammaro, G. Ansanelli, G. Fiorentino, A. Zucaro, M.L. Protopapa e L. Sannino (2019), "Soluzioni innovative per la chiusura del ciclo dei pannelli fotovoltaici", in *Energia Ambiente e Innovazione - Rivoluzione economia Circolare*". EAI n. 3 Settembre - Dicembre 2019, <https://doi.org/10.12910/EAI2019-054>
6. P. Carrabba, L.M. Padovani (2020), "I pannelli fotovoltaici a fine vita. Considerazioni sull'impatto ambientale e sulla salute dei processi di smaltimento/riciclo/riuso". RT/2020/7/ENEA. <https://iris.enea.it/handle/20.500.12079/54421>
7. D. Sica, O. Malandrino, S. Supino, M. Testa, M.C. Lucchetti (2018), "Management of end-of-life panels as a step towards a circular economy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, pp. 2934-2945
8. O. Malandrino, D. Sica, M. Testa, S. Supino (2017), "Policies and measures for sustainable management of solar panel end-of-life in Italy", *Sustainability*, 9, p. 481, <https://doi.org/10.3390/su9040481>

EERA, collaborazione e networking per un'Europa *climate-neutral*

Il Green Deal punta sulle tecnologie pulite per rendere sostenibile l'economia europea attraverso un incremento degli investimenti in ricerca e innovazione. In questo scenario, l'European Research Alliance EERA con 250 organizzazioni del settore di 30 Paesi si propone quale 'catalizzatore' della ricerca europea per la transizione energetica con programmi che coprono una vasta gamma di tecnologie e di tematiche trasversali.

DOI 10.12910/EAI2020-056

di **Ezilda Costanzo**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Rinnovabili e membro del Comitato Esecutivo di EERA

La European Energy Research Alliance EERA, di cui ENEA è tra i soci fondatori dal 2008, è la più grande comunità di ricerca sull'energia in Europa, con programmi che coprono una vasta gamma di tecnologie nonché argomenti trasversali per arrivare all'obiettivo indicato dall'Unione Europea di una società *low-carbon* al 2050. Il nuovo piano di lavoro EERA, condiviso e comprensivo di attività di *advocacy*¹ e di nuove collaborazioni inter-disciplinari tra i programmi di ricerca (*Joint Programme*), rispecchia l'approccio sistemico richiesto dalle recenti politiche dell'Unione (vedi BOX). I Joint Programme EERA (JP), nati per favorire l'attuazione del SET Plan europeo – lo Strategic Energy Technology Plan che mira ad accelerare lo sviluppo e la diffusione di tecnologie a basse emissioni di carbonio – definiscono obiettivi e attività di interesse comune da perseguire all'interno di azioni finanziate dall'UE, anche attraverso la realizzazione di incontri scientifici, rapporti tematici, documenti e articoli². Ad esempio il workshop EERA "Putting the hydrogen into hybridization: how fuel cells

and electrolysers can support energy storage", organizzato dai ricercatori ENEA nei JP Energy Storage e JP Fuel Cells and Hydrogen nel novembre 2019 a Roma, ha visto la presenza di oltre 60 partecipanti della comunità scientifica e di grandi imprese come Enel, KIWA³, RINA⁴ e ha 'aperto la strada a nuovi aspetti di ricerca e collaborazioni sui materiali sviluppati con l'ausilio dell'intelligenza artificiale e del calcolo ad alte prestazioni.

Digitalizzazione, energia e progetti di ricerca

Su questo fronte, il portafoglio R&I EERA si arricchirà di nuove aree di indagine e, in particolare, di un JP trasversale "**Digital for Energy**" a servizio dei diversi programmi EERA. ENEA è tra i promotori del programma che prevede la **creazione di una federazione di infrastrutture di super-calcolo europee per facilitare le simulazioni su grande scala in materia di energia**. A livello progettuale ENEA partecipa direttamente a EERADData che mira a promuovere l'accessibilità e l'interoperabilità dei dati (FAIR data⁵) nel settore

energetico sviluppando un'apposita piattaforma europea; con il progetto INSHIP facilita invece l'allineamento agli obiettivi SET Plan dei programmi di ricerca nazionali sul solare termico nei processi industriale. L'Agenzia è anche tra i partner/promotori del progetto ORIENT NM per la creazione di una *partnership* sui materiali nucleari, di particolare interesse anche per la fusione.

L'adesione all'associazione permette inoltre di seguire da vicino gli sviluppi di progetti EERA che hanno un ruolo cruciale nell'UE, quali:

- SUPEERA che mira a rafforzare la cooperazione nel campo della ricerca e dell'innovazione per facilitare la realizzazione degli obiettivi del SET-Plan nella più ampia prospettiva di una *clean energy transition* in Europa, favorire lo scambio di informazioni coi delegati nazionali al SET-Plan e con i Paesi EU-13 e affiancare ad un approccio tecnologico anche l'approccio delle scienze sociali e umanistiche;
- EnergySHIFTs, forum europeo per l'innovazione in materia di scienze sociali e umane (SSH) nel SET Plan;
- Batteries Europe, indagine sugli

Tab. 1 Alcuni progetti EU a partecipazione ENEA nati in ambito EERA

Bioenergy	AMBITION - Advanced Biofuel Production with Energy System Integration	H2020 Energy RIA 2016-2019
CSP – Concentrated Solar Power	INSHIP - Integrating National Research Agendas on Solar Heat for Industrial Processes	H2020 Energy RIA 2017-2021
	HORIZON-STE - Implementation of the Initiative for Global Leadership in Solar Thermal Electricity	H2020 Energy CSA 2019-2022
CCS -Carbon Capture and Storage	ASCENT - Advanced Solid Cycles with Efficient Novel Technologies*	FP7 - Energia 2014-2018
E3S - Economic, Environmental and Social Impacts of the E. Transition	EERADData - Towards a FAIR and open data ecosystem in the low carbon energy research community	H2020 Energy CSA 2020-2023
Fuel Cells and Hydrogen	BALANCE - Increasing penetration of renewable power, alternatives fuels and grid flexibility by cross-vector electrochemical processes	H2020 Energy RIA 2016-2019
Geothermal	GEMex - Cooperation in Geothermal energy research Europe-Mexico for development of Enhanced Geothermal Systems and Superhot Geothermal Systems	H2020 Energy RIA 2016-2019
Photovoltaic Solar Energy	CHEETAH - Cost-reduction through material optimisation and Higher EnErgy outputT of solar pHotovoltaic modules - joining Europe's R&D efforts in support of its PV industry	FP7 – Energia CSA
Nuclear Materials	M4F - Multiscale modelling for fusion and fission materials	H2020 Euratom Fissione RIA 2017-2021
	GEMMA - Generation IV Materials Maturity*	H2020 Euratom Fissione RIA 2017-2021
	INSPYRE - Investigations Supporting MOX Fuel Licensing in ESNII Prototype Reactors	H2020 Euratom Fissione RIA 2017-2021
	ORIENT-NM - Organisation of the European Research Community on Nuclear Materials	H2020 Euratom 2020-2023
Smart Grids	INTERPLAN - INTEgrated opeRation PLANNing tool towards the Pan-European Network	H2020 Energy RIA 2017-2020
Smart Cities	Positive Energy District European Network	COST Action 2020 - 2024

Nota: l'asterisco indica il coordinamento ENEA

ecosistemi R&I per le batterie, futura Partnership tematica;

- FET Flagship SUNERGY, un'azione visionaria ad ampia scala e durata sull'economia circolare, per lo sviluppo di prodotti senza combustibili fossili e di tecnologie a emissioni inquinanti che dovrebbe assumere le connotazioni di una Partnership a partire dal 2024, con ENEA tra i sostenitori.

I programmi R&I di EERA sono in sinergia, oltre che con le piattaforme tecnologiche europee guidate dall'industria (ETIP), con iniziative internazionali quali Mission Innovation e i Technology Collaboration Programme IEA in cui ENEA è già impegnata. Ciò permette di capitalizzare gli sforzi guadagnando al contempo visibilità e ulteriori opportunità di cooperazione e ricerca. Gli

esperti ENEA contribuiscono come delegati nazionali ad alcuni gruppi di attuazione (IWG) del SET Plan (è il caso degli IWG Concentrated Solar power, Ocean Energy, Safety of Nuclear Energy, e dell'IWG Smart Cities and Communities di cui ENEA è vice chair), potenziando l'azione collettiva EERA negli stessi gruppi.

La partecipazione e il raccordo con l'industria, oggetto di recente dibatt-

Tab. 2 Rappresentanti ENEA nei Joint Programme e gruppi EERA

JP o gruppo EERA	Referente ENEA	ENEA (Dipt./Div/Lab)
AMPEA - Advanced materials and processes	Amelia Montone	SSPT-PROMAS
Bioenergy	Francesco Zimbardi	TERIN-ST5
Carbon Capture and Storage	Stefano Stendardo	TERIN-PSU-IPSE
Concentrated Solar Power	Simona De Iulii; Walter Gaggioli ***	TERIN-ST5 e TERIN-STSN-ITES
Economic, Environmental and Social Impacts	Maria Rosa Viridis	SSPT-MET
Energy Efficiency in Industrial	Carlo Alberto Campiotti**, Arianna Latini ***	DUEE-SIST-NORD
Energy Storage	Margherita Moreno ***	TERIN-PSU-ABI
Nuclear Materials	Francesco Gracceva	STAV-SISTEN
Energy Storage	Stephen Mc Phail *	TERIN-PSU-ABI
Energy Systems Integration	Massimo Angelone	SSPT-PVS
Fuel Cells and Hydrogen	Pietro Agostini, Massimo Angiolini ***	FSN-ING
Geothermal	Gian Maria Sannino	SSPT-MET-CLIM
Nuclear Materials	Franco Roca	TERIN
Smart City	Paola Clerici ***	TERIN-SEN
Smart Grid	Giorgio Graditi **	TERIN
Policy Working Group EERA	Marco Franza	ISV-FUND
Executive Committee EERA	Ezilda Costanzo	Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN)

* Coordinatore del JP

** Vice-coordinatore del JP

*** Coordinatore di un sottoprogramma del JP

tito in EERA⁶, restano invece limitati rispetto alle attese, sostanzialmente per il fatto che la maggior parte dei Joint Programme verte su tecnologie con basso TRL e, quindi, ancora distanti da una possibile commercializzazione. Laddove i sistemi sono già utilizzati in ambiente operativo (con TRL più elevati), come nel JP Photovoltaic Solar Energy, il coinvolgimento delle imprese ha condotto a prassi esemplari, con un ruolo essenziale da parte di ENEA e della comunità di ricerca italiana [vedasi scheda EERA

JP PV nel supplemento speciale allegato a questo numero].

Le azioni di *advocacy* e supporto

Tra le recenti azioni di *advocacy* con cui EERA si fa 'portavoce' presso le istituzioni europee, la **consultazione sul bando Horizon 2020 "European Green Deal"** che aprirà diverse opportunità di partecipazione per EERA (ed ENEA) su tecnologie con TRL elevato e la redazione di un **White Paper sulla Strategia di ri-**

cerca e innovazione (SRIA) della Partnership Clean energy transition nel prossimo programma quadro Horizon Europe (HEU). La definizione della strategia della nuova partnership è di competenza degli Stati membri; tuttavia, la Commissione ha affidato a EERA il compito di facilitare la redazione dei documenti che i delegati IWG SET Plan e gli esperti ERA-NET dovranno produrre. Infine, far parte del Comitato Esecutivo EERA e seguire i lavori del gruppo sulle politiche (Policy WG

EERA, l'Alleanza della ricerca europea per la transizione energetica

La *European Energy Research Alliance* (EERA) è una associazione no-profit che sostiene l'attuazione del Piano strategico europeo per la ricerca sulle tecnologie energetiche (SET Plan - *Strategic Energy Technology Plan*). EERA mobilita finanziamenti e competenze delle maggiori infrastrutture di ricerca europee per allineare i programmi R&I nazionali verso obiettivi condivisi. La comunità EERA vanta più di 50.000 esperti provenienti da 250 organizzazioni e 30 Paesi europei e sviluppa 17 programmi di ricerca comune, i Joint Programme (JP) in linea con le azioni chiave del SET Plan; i programmi coprono una vasta gamma di tecnologie energetiche e di temi trasversali, economici, ambientali sociali e di sistema. I JP collaborano inoltre con le piattaforme tecnologiche dell'industria (ETIP).

Con la pubblicazione, da parte della Commissione europea, della comunicazione sull'Europa *climate-neutral al 2050 - A Clean Planet for All* - nel 2019 EERA si è dotata di una nuova strategia, **assumendo il ruolo di catalizzatore della ricerca europea per la transizione energetica a lungo termine e di influencer in Europa.**

ENEA partecipa attivamente alla ricerca EERA in 15 Joint Programme e, tra questi, coordina il JP *Fuel Cell and Hydrogen* e vari sottoprogrammi tematici. A livello centrale, è il **membro e rappresentante italiano nel Comitato Esecutivo EERA** e partecipa al gruppo *Policy*.

Tramite il gruppo di lavoro sulle *Policy* (PWG) EERA condivi-



de e analizza dati e informazioni di potenziale interesse per la comunità nonché, quando possibile, anticipa notizie ufficiali facendo ricorso alla rete di contatti del segretariato e degli associati, informando settimanalmente tutti i membri.

EERA favorisce il coinvolgimento della sua comunità nella definizione dei programmi di ricerca e innovazione europei, sviluppa strategie e redige *position paper*, individua opportunità di finanziamento per comuni progetti R&I attraverso la scansione dei piani di lavoro dei programmi di finanziamento R&I EU (es. il prossimo *Horizon Europe*), facilita l'interazione con i rappresentanti delle istituzioni comunitarie e degli Stati membri.

AMPEA-Advanced materials and processes (SSPT-PROMAS)	EEIP Energy Efficiency in Industrial Processes (DUEE-SIST)	ESI Energy Systems Integration (STAV-SISTEN)	CSP Concentrated solar power (TERIN-STSN)	E3S Economic, Environ. and Social Impacts of the Energy Transition
Bioenergy (TERIN-STSN)	Energy Storage (TERIN-PSU)	CCS-Carbon Capture and Storage (TERIN-PSU)	FCH- Fuel Cells and Hydrogen (TERIN-PSU)	Geothermal (SSPT-PVS)
NM Nuclear Materials (FSN-ING)	Ocean Energy (SSPT-MET)	Photovoltaic Solar Energy (TERIN-FSD)	SC Smart Cities (TERIN-SEN)	SG Smart Grids (TERIN-STSN)

Dipartimenti, Direzioni e Unità ENEA coinvolte	Nelle azioni per EERA sono coinvolti i Dipartimenti ENEA Tecnologie energetiche e fonti rinnovabili (TERIN), Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT), Efficienza Energetica (DUEE), Fusione e Sicurezza nucleare (FSN), la Direzione Innovazione e Sviluppo (ISV) e l'Unità Studi analisi e valutazioni (STAV)
Referenti ENEA	Ezilda Costanzo (TERIN), Comitato Esecutivo EERA Marco Franza (ISV-FUND), gruppo Policy (PWG EERA)
Centri ENEA	Casaccia, Bologna, Brasimone, Portici, Sede di Roma, Trisaia, Ufficio di Bruxelles
Website	www.eera-set.eu/

EERA) permette di coordinare con maggiore efficacia e tempestività il contributo ENEA alle strategie generali e alle specifiche azioni di *advocacy*. In occasione di un'indagine

interna (2019) presso i nostri esperti coinvolti in EERA, che sarà replicata a cadenza biennale, si è concordato sui vantaggi dell'associazione in ragione dell'aggiornamento su politi-

che e opportunità di finanziamento, del networking, e per il successo di proposte progettuali di qualità i cui benefici economici superano di gran lunga le spese di partecipazione.

- ¹ Il termine *Advocacy*, parzialmente traducibile in italiano con “sostegno, patrocinio”, indica l'insieme di azioni con cui un soggetto collettivo sostiene attivamente la causa di qualcun altro. Analogamente l'associazione EERA si fa portatore degli interessi dei suoi membri, principalmente istituzioni di ricerca e innovazione
- ² L'ENEA fornisce un contributo di rilievo ai Joint programme. Ad esempio, ha coordinato i numeri speciali sulle *Smart Cities* nell'omonimo JP, della rivista *TECHNE*, “European Pathways” e “Tools, Technologies and System Integration for the Smart Cities to Come”, che includono diversi contributi a firma ENEA
- ³ Leader globale nel settore del Testing, delle Ispezioni e delle Certificazioni
- ⁴ Multinazionale attiva soprattutto nella filiera e nell'innovazione in ambito Trasporti & Infrastrutture
- ⁵ I principi FAIR - *Findable, Accessible, Interoperable, Reusable* data sono stati definiti da Mark D. Wilkinson et al. (“The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship”, 2016). La Open Science Agenda della Commissione ambisce a rendere FAIR i dati della comunità scientifica al 2020
- ⁶ EERA Summer Strategy Meeting, 30 giugno-2 luglio 2020

Il Joint Programme su Photovoltaic Solar Energy di EERA

Il Comitato Esecutivo di EERA ha da tempo identificato l'energia solare fotovoltaica come una delle priorità di ricerca per la programmazione congiunta (JP). Dal 2011 è operativo l'EERA PV, il Joint Programme sul fotovoltaico che si propone di individuare le azioni necessarie per accrescere l'efficienza e l'efficacia della ricerca in questo campo, soprattutto nella fase pre-commerciale. Dopo fasi alterne, attualmente l'EERA PV è oggetto di un rinato entusiasmo sulla spinta dei risultati molto positivi raggiunti con le celle tandem perovskiti/silicio cristallino, che lasciano prefigurare la possibilità di un 'riscatto' in questo campo con la rinascita di una filiera industriale europea.

DOI 10.12910/EAI2020-057

di **Francesco Roca**, Rappresentante ENEA nei Joint Programme EERA-PV - Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili, ENEA

Il Comitato Esecutivo di EERA ha da tempo identificato l'energia solare fotovoltaica come una delle priorità di ricerca per la programmazione congiunta, avviando il PV Joint Programme già nel 2010-2011 con l'obiettivo di accrescere l'efficienza ed efficacia della ricerca in questo campo, focalizzandosi soprattutto sulla fase pre-commerciale. Il JP riguardava le celle solari in silicio cristallino (cioè a base di wafer) (SP1) il solare a film sottile (SP2) ed il PV organico (SP3), coprendo aspetti quali la riduzione dei costi (materiali produzione), il miglioramento dell'efficienza e l'aumento della durata e della stabilità, specie per le tecnologie più innovative.

Le attività di programmazione congiunta sul fotovoltaico a concentrazione erano, invece, coperte da un'iniziativa EERA separata e, solo successivamente, sono state inserite in EERA-PV, insieme a tecnologie di celle più innovative, quali DSSC e Perovskite.

Altri tre sottoprogrammi coprivano ulteriori aspetti: riduzione del costo livellato dell'elettricità (LCOE) mediante, ad esempio, l'innovazione tecnologica (SP4); miglioramento delle prestazioni, durata e affidabilità dei componenti (SP5); infrastrutture di ricerca, mobilità e training (SP6).

Sin dall'inizio ENEA ha partecipato a numerosi progetti finanziati, dando vita anche ad un apposito gruppo di lavoro con tutti i rappresentanti nei JP EERA.

l'elenco dei progetti partecipati per il fotovoltaico comprendeva tutti quelli approvati e finanziati dalla UE nel periodo (2011-2013), ovvero l'FP7-SOPHiA call INFRA-2010-1.1.22 - Research Infrastructures for Solar Energy: Photovoltaic Power grant 262533, con ruolo di leadership per il knowledge and personnel exchange (Feb11-Gen15); successivamente il progetto FP7-NGCPV - ENERGY.2011.2.1-1 - Ultra-high concentration photovoltaics (CPV), cells, modules and systems / EU-Japan Coordinated Call

grant 283798 (Giu11-Nov14), collaborando con i big player della ricerca europea e giapponese; FP7-B-FIRST grant 296016 (May12-Apr16) e FP7-COSTRUCT-PV (grant 295981) (Feb13-Gen17) nell'ambito della call ENERGY.2011.2.1-4 - Development and demonstration of standardized building components con importanti player europei per l'integrazione del fotovoltaico; FP7-ECOSOLE call ENERGY.2011.2.1-3 - Productivity and cost optimization issues for the manufacturing of photovoltaic systems based on concentration grant 295985 (Ago12-Lug15), un progetto a coordinamento industriale italiano (Becar gruppo Beghelli) sulla concentrazione solare: in questo caso ENEA ha supportato l'azienda anche nella creazione del partenariato internazionale di ricerca. Da ultimo, ma non per importanza, il progetto FP7-FAST-TRACK call ENERGY.2011.2.1-2 - Development and up-scaling of innovative photovoltaic cell processes and architectures to pilot-line scale for



industrial application, Joint call with NMP per lo sviluppo di celle a thin-film di Si con efficienza stabile del 14%, per dimostrare la fattibilità di un prototipo di modulo di dimensioni di produzione e con efficienza stabile del 12%, con un costo potenziale inferiore a 0,5 €/Wp. (Mar12-Feb15)

Nuovi concetti e tecnologie

Gli obiettivi e le strategie di EERA-PV si sono poi riversate successivamente nel progetto FP7-CHEETAH, grant 609788 call ENERGY.2013.10.1.5 - Integrated research programme in the field of photovoltaics (Gen14-Dec17) [1], che ha coinvolto 34 partner di 16 nazionalità con l'obiettivo di aumentare l'efficacia e l'efficienza della ricerca e sviluppo nel fotovoltaico attraverso l'allineamento e la programmazione congiunta degli istituti membri e di contribuire alle esigenze di ricerca e sviluppo della SEII-PV Solar Europe Industry Initiative.

Il progetto si è concentrato sulla risoluzione di colli di bottiglia specifici nel programma comune di ricerca e sviluppo di EERA-PV, quali lo sviluppo di nuovi concetti e tecnologie per PV in silicio cristallino a base di wafer (moduli con celle

ultrasottili), PV a film sottile (per la gestione avanzata dell'assorbimento della luce) e il PV organico (stabilità e riduzione dei costi). È stata inoltre promossa la cooperazione a livello europeo attraverso attività di divulgazione (seminari, scambi ecc.) e di formazione, per stimolare l'uso efficiente delle infrastrutture, promuovere le pratiche e gli standard migliori. ENEA in qualità di WP leader per l'attività di Knowledge Exchange ha perfezionato sophi@webinar [3], la piattaforma open source (<http://utp.enea.it/sophiawebinar/>) sviluppata per il progetto SOPHiA, integrando la stessa con profili di tecnologie, di infrastrutture, di esperti, basati su data base dinamici relazionali (DBMS) [2], <http://www.cheetah-exchange.eu/>.

Sul lato industriale, al momento delle decisioni in EERA di avviare il JP EERA-PV (2008-2009), l'industria fotovoltaica europea godeva di ottima salute, con la leadership mondiale nella produzione di celle solari di cSi (QCell), in tecnologie evolute quali la concentrazione (Concentrix) e linee di produzione (Meyer Burger, Singulus, Baccini-Applied Materials ecc.). Tuttavia, negli anni successivi in cui il JP si è perfezionato (2010-2011) già si annunciavano le prime avvisaglie

di crisi culminate con un ridimensionamento dell'industria fotovoltaica europea, che è stata posta nell'angolo dalla concorrenza cinese e delle emergenti industrie asiatiche, e dalla bancarotta di Qcell (2012) acquisita nel dicembre 2014 dalla coreana Hanwha Group, che ha cessato la produzione in Germania nel 2015 riallocando gli impianti in Malesia.

Si è trattato di una sorta di "dark period" caratterizzato anche da un forte ripensamento dei finanziamenti dell'attività di ricerca per il fotovoltaico da parte UE. L'unica 'concreta' iniziativa industriale è stata rappresentata dalla 3SUN, società nata nel 2010 come joint venture Enel Green Power, Sharp Corporation e ST Microelectronics che nel 2015 è stata totalmente assorbita da Enel Green Power¹.

I primi segnali di rinnovato interesse per una filiera fotovoltaica europea emergono nel 2017, quando nell'ambito del processo di revisione del SET Plan, viene deciso di individuare un insieme di azioni per rilanciare l'industria PV. Non solo. A ciascun Paese membro viene chiesto di elaborare "flagship activities" nazionali da coordinare a livello europeo e 'intrecciare' con le attività di "Mission Innovation", il Piano europeo per finanziare la ricerca nel settore delle energie 'pulite' (2017-2022).

Oggi, dopo i rallentamenti del periodo buio si assiste ad un rinnovato entusiasmo per lo sviluppo di un'industria PV europea, corroborato dagli recenti eccellenti risultati che si stanno raggiungendo per la ricerca nel settore delle celle tandem perovskiti/silicio cristallino, lasciando presagire che per questo settore è possibile un 'riscatto' incentrato anche su una più stretta collaborazione tra ricerca e industria.

Sul lato industriale, Solar Power Europe, l'associazione che riunisce oltre 300 rappresentanti di tutti i principali settori energetici, ha lanciato nel 2020 Solar Manufacturing Accelerator [7],

con il supporto dei partner strategici ESMC, ETIP-PV, IPVF e ora VDMA e di EERA-PV [4]. Si tratta di un'iniziativa di particolare rilievo, aperta a tutte le aziende e organizzazioni interessate a sviluppare progetti nel settore e coprirà un ampio portafoglio di attività anche per identificare partner e investitori finanziari, con l'obiettivo di accelerare lo sviluppo di progetti di produzione solare fotovoltaica in Europa².

Un altro progetto supportato da EE-



RA-PV è “Solar Europe now” [8], la coalizione europea di oltre 120 centri all'avanguardia sul fotovoltaico lanciata, anche questa nel 2020, dall'IPVF (Institut Photovoltaïque d'Île-de-France) che punta a riportare

l'attenzione della comunità europea sull'energia solare come fonte di energia rinnovabile essenziale per raggiungere gli ambiziosi e necessari traguardi del Green Deal europeo. La preoccupazione dei firmatari è la mancanza di slancio finanziario, che può ostacolare lo sviluppo del settore e minare significativamente una ripresa dell'UE nelle tecnologie solari per la decarbonizzazione.

¹ Enel ha avviato una politica di rinnovamento tecnologico e nuovi investimenti, per cui oggi 3SUN Factory è uno dei più grandi impianti di produzione fotovoltaica in Europa. Dal progetto di ricerca e innovazione 3SUN 2.0, unito al progetto Europeo H2020 AMPERE di cui anche ENEA è partner, nasce il nuovo pannello fotovoltaico bifacciale di ultima generazione in Tecnologia Hetero Junction (HJT)

² Per l'Italia, nel 2017 si è costituito un gruppo sul fotovoltaico per il supporto alla rappresentanza italiana nel TGW-PV per la revisione del Set-Plan, coordinato da CNR e di cui ENEA fa parte con gli altri membri italiani di EERA-PV, con il mandato di individuare le priorità fra le attività di Ricerca e Innovazione (R&I) nazionali per rilanciare l'industria fotovoltaica nazionale nell'Unione Europea. Questo gruppo di lavoro ha posto le basi per la creazione di una rete nazionale per il fotovoltaico (IAP1), che coinvolge università, enti di ricerca ed industrie, che ha successivamente avviato una stretta collaborazione, a partire dal 2019, con il progetto H2020 PV-IMPACT [6] volto a verificare l'attuale esecuzione dell'Implementation Plan per il fotovoltaico [5] e monitorare le implementazioni grant 842547 (Apr19-Mar22). Il progetto è determinato ad affrontare il compito con l'obiettivo di aumentare l'investimento del settore privato nella ricerca, lo sviluppo e l'innovazione nel fotovoltaico in tutta l'Unione Europea. Delle due società coinvolte, l'italiana Enel Green Power, ha proprio l'obiettivo di proporre progressi dell'Implementation Plan mediante il coordinamento dei vari attori in Italia, mentre la francese Photowatt supporterà PMI e start-up che hanno piani di sviluppo industriale in linea con il PV Implementation Plan. PV Impact si occuperà anche del progresso del settore, raccogliendo dati sulla spesa pubblica e privata nell'UE, legata alla tecnologia fotovoltaica. Il progetto seguirà anche i miglioramenti tecnologici e verificherà se si stanno soddisfacendo le aspettative. Verranno inoltre formulate raccomandazioni alle autorità di finanziamento europee per promuovere i progetti fotovoltaici. In pratica, sposa molti degli obiettivi del TWP-PV Set Plan nazionale

BIBLIOGRAFIA

1. FP7 CHEETAH project Cost-reduction through material optimisation and Higher EnERgy output of solar photovoltaic modules - joining Europe's Research and Development efforts in support of its PV industry, <http://www.cheetah-project.eu/>
2. FP7-CHEETAH Knowledge Exchange platform, <http://www.cheetah-exchange.eu/>
3. FP7-SOPHiA webinar facility, <http://uttp.enea.it/sophiawebinar/>
4. EERA- PV web site, <https://www.eera-pv.eu/>
5. PV Implementation Plan, <https://etip-pv.eu/set-plan/pv-implementation-plan/>
6. H2020- PV- IMPACT project Actual execution of the Implementation Plan for Photovoltaics and monitoring the Implementation Plan's delivery grant, <https://pvimpact.eu/about/project/>
7. Solar Power Europe Business Accelerator initiative, <https://www.solarpowereurope.org/campaigns/manufacturing-accelerator/>
8. Solar Europe Now – Call to Action for a solar-inclusive Green Deal, <https://ipvf.fr/sen/>

NEL PROSSIMO NUMERO PARLEREMO DI:

Efficienza energetica

Superbonus del 110%, Renovation Wave europea, nuove direttive, interventi e misure per rendere più efficienti e ridurre i consumi di condomini, abitazioni singole, industrie, edifici e immobili della Pubblica Amministrazione. È l'efficienza energetica nelle sue molteplici applicazioni e ricadute – ambientali, economiche, sociali – il tema del prossimo numero di Energia, Ambiente e Innovazione che uscirà entro fine anno. Una tematica, quella dell'efficienza, considerata fra le priorità decisive a livello europeo per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica al 2050 e al centro della nuova Strategia UE per l'edilizia green (con la Renovation Wave). Nell'intervista pubblicata a pag. 09 di questo numero, la Commissario all'energia Kadri Simson evidenzia il ruolo strategico dell'efficienza per risparmiare energia, ridurre le bollette e promuovere occupazione e crescita nella difficile fase di rilancio post-COVID: “Tenuto conto che gli edifici sono responsabili del 40% dei consumi di energia nella UE, il nostro obiettivo – sottolinea Simson – è di raddoppiare il ritmo degli interventi di renovation in tutte le tipologie di immobili, con un focus particolare su condomini, edilizia sociale, scuole ed ospedali”.

Di efficienza scriveranno alcuni dei protagonisti-chiave di questo settore – esponenti delle istituzioni, della ricerca, operatori, imprenditori, esperti – con un approccio trasversale tra diversi campi e discipline, nel più ampio contesto dei nuovi e più sfidanti target nazionali previsti dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima e dal D. Lgs. n. 48/2020. Ampio spazio verrà dato ai principali progetti in corso e alle attività svolte dall'ENEA nella duplice veste di Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile e di Agenzia nazionale per l'efficienza energetica.

Un approfondimento particolare sarà dedicato al Superbonus introdotto con il Decreto Rilancio, sul quale gli esperti del Dipartimento Unità Efficienza Energetica dell'ENEA realizzeranno una guida pratica, con le indicazioni per utilizzare al meglio questo nuovo strumento.

eai.enea.it

