



Lo sviluppo dell' **idrogeno** e i relativi impatti su competenze e occupazione



AUTORI

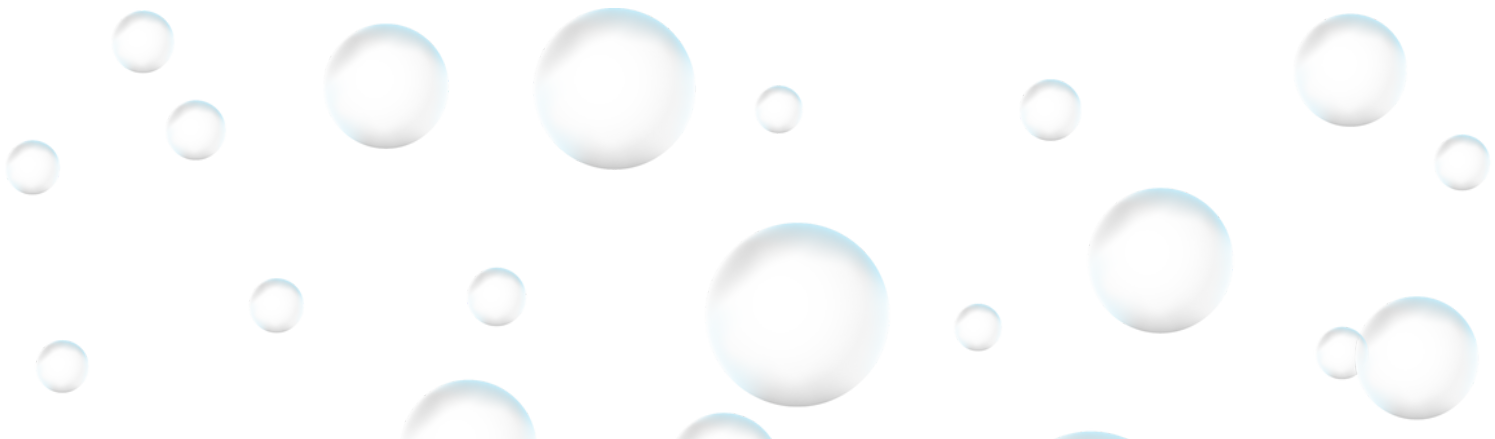
Andrea Cardarelli
Azzurra Gallo
Martina Molino
Maria Rosa Milanese
Marina Screnci

CURATORI

Riccardo Antonucci
Nathan Senise Volpe

SI RINGRAZIA

Alessia Sementilli





CHI SIAMO

AWARE è un Think Tank nato nell'**ottobre del 2019** che si pone l'obiettivo ultimo di contribuire alla definizione del futuro che verrà stimolando la **riflessione** e il **dibattito** sulle nuove sfide del mondo contemporaneo.

Per farlo sono stati individuati due macro argomenti che meglio rappresentano le chiavi per leggere e guidare il futuro del nostro pianeta:

- **l'evoluzione delle tecnologie e del settore digitale nelle sue declinazioni;**
- **lo sviluppo sostenibile,** basato su tre pilastri (sociale, economico ed ambientale).

INDICE

INTRODUZIONE	p. 1
CAPITOLO 1 - La crescita del settore dell'idrogeno e il mercato del lavoro	p. 9
Le figure professionali e le competenze più ricercate	p. 10
L'impatto degli scenari di produzione di idrogeno verde sul mondo del lavoro	p. 12
Le prospettive di occupazione legate all'idrogeno verde in Italia	p. 20
CAPITOLO 2 - Lo stato di avanzamento dei progetti su idrogeno verde in Europa e in Italia	p. 22
L'Europa verso il 2030: Obiettivi e Sfide per la Produzione di Idrogeno Rinnovabile	p. 22
La strategia italiana: Opportunità e Criticità di Sviluppo	p. 25
CAPITOLO 3 - Politiche europee per la formazione nell'ambito dell'idrogeno	p. 31
Iniziativa RePowerEU e focus sulla formazione	p. 31
Programmi europei di finanziamento per la formazione (Erasmus+, Horizon Europe)	p. 34
Strategie dei principali paesi europei per lo sviluppo di competenze nell'H2: Formazione, Ricerca e Innovazione per la Transizione Energetica	p. 41
PROPOSTE DI POLICY - Interventi strategici per lo sviluppo della formazione nel settore dell'idrogeno in Italia	p. 48
CONCLUSIONI	p. 54
Bibliografia e Sitografia	p. 55
Contatti	p. 57

INTRODUZIONE

L'attuale contesto globale della transizione energetica è caratterizzato da una crescente esigenza di ridurre le emissioni di gas serra, affrontare i cambiamenti climatici e garantire la sostenibilità delle risorse energetiche. In questo scenario, l'idrogeno emerge come una delle principali soluzioni per favorire la decarbonizzazione dei settori industriali, dei trasporti e della produzione di energia. La sua potenziale versatilità e l'assenza di emissioni dirette lo rendono una risorsa strategica per affrontare le sfide della transizione verso un futuro energetico più pulito e sostenibile. Analizzare il ruolo dell'idrogeno è quindi fondamentale per comprendere le dinamiche e le opportunità che questo vettore rappresenta per il sistema energetico nazionale e internazionale.

Nell'ultimo decennio la domanda di energia globale è aumentata del 15% e di questo valore il 40% è stato coperto da energia pulita. Inoltre, nelle economie più sviluppate si è riscontrato un decremento della domanda di circa lo 0,5% annuo negli ultimi dieci anni. Secondo quanto indicato nel "World Energy Outlook 2024" dello IEA, "il PIL globale continua a crescere, ma richiede progressivamente meno energia per alimentare questa crescita".

La crescita della quantità di energia rinnovabile e l'incremento dell'elettrificazione fino al consumatore finale sono due dimensioni che ricoprono un ruolo fondamentale nell'aumento dell'efficienza dei sistemi energetici. Se si riflette sugli spazi di miglioramento al momento identificabili e prevedibili, interessanti sono le informazioni e le indicazioni fornite da IRENA (International Renewable Energy Agency) all'interno del proprio report World energy transitions outlook 2023. L'agenzia si concentra su 6 macro-dimensioni per accelerare la transizione energetica, elencate di seguito:

Infrastruttura fisica

- Pianificazione integrata e utilizzo di incentivi: pianificazione coordinata dello sviluppo delle infrastrutture (reti elettriche, stazioni di ricarica per veicoli elettrici, ecc.) con obiettivi ambiziosi per supportare la transizione energetica.
- Procedure semplificate: snellimento delle procedure di autorizzazione per infrastrutture di grandi dimensioni, considerando l'impatto ambientale e sociale.
- Obblighi per edifici: imposizione di requisiti ad hoc per i nuovi edifici (ad esempio, ricarica veicoli elettrici, connessioni ai sistemi di riscaldamento/raffrescamento) in ottica programmatica.
- Finanziamento pubblico: aumento del finanziamento pubblico per le infrastrutture necessarie per la produzione su larga scala di energia pulita

Politica e Regolamentazione

Settore elettrico:

- Promuovere un sistema di approvvigionamento energetico flessibile e adatto alle rinnovabili.
- Semplificare le procedure di autorizzazione e coordinare l'espansione della rete elettrica per evitare colli di bottiglia.
- Rivedere i processi di appalto per includere obiettivi che vanno oltre il prezzo più basso.
- Supportare l'autoconsumo e la distribuzione equa dei benefici socio-economici.

Settori finali - Edifici, industria, trasporti:

- Promozione di programmi di efficienza energetica e standard minimi di efficienza.
- Revisione dei codici edilizi per aumentare l'uso delle rinnovabili.
- Incentivazione del cambiamento comportamentale (ad esempio, modalità di trasporto a basse emissioni).
- Utilizzo di finanziamenti pubblici per prodotti e materiali industriali a basse emissioni.

Politiche intersettoriali

- Introduzione di misure fiscali per incentivare la transizione energetica (ad esempio, tassazione ridotta per le rinnovabili, obblighi di reinvestimento per i profitti derivanti dal settore fossile).
- Collaborazione internazionale per la governance della sostenibilità e lo sviluppo delle tecnologie verdi.
- Strategie per bioenergia e idrogeno per la decarbonizzazione.
- Incentivi per l'economia circolare, riducendo la domanda di materiali critici.
- Riforma delle pratiche di finanziamento per supportare paesi che ricevono un basso numero di investimenti o sono in crisi di debito.

Lavori e Competenze

Quando si tratta il tema delle competenze, IRENA indica 4 macro-direttrici:

- **Formazione**
- **Occupazione**
- **Inclusione**
- **Ricollocazione**

Per la prima si fa riferimento all'integrazione delle energie rinnovabili nei programmi educativi e l'ampliamento delle opportunità di formazione tecnica e professionale. Il riferimento all'occupazione, invece, risiede nell'anticipazione dei bisogni futuri nel mercato del lavoro delle rinnovabili, collaborando con settori industriali e istituzioni educative.

Il tema dell'inclusione corrisponde al miglioramento dell'accesso alla formazione per donne, giovani e minoranze, mentre il fenomeno della ricollocazione si rifà al supporto alla riqualificazione dei lavoratori del settore fossile verso le energie rinnovabili.

Uno sguardo ai numeri

Per riprendere alcuni numeri in riferimento ai singoli settori e specificamente all'idrogeno, nel 2023 la produzione globale ha raggiunto i 97 milioni di tonnellate, segnando un aumento di circa il 2,5% rispetto all'anno precedente. Tuttavia, la produzione di idrogeno continua a dipendere in gran parte dai combustibili fossili tradizionali, risultando in parte ancora non del tutto rinnovabile. La maggior parte dell'idrogeno, il 63%, è stata prodotta utilizzando gas naturale senza sistemi di cattura e stoccaggio del carbonio (CCUS), mentre il 20% proviene dal carbone, soprattutto in Cina. L'idrogeno derivato come sottoprodotto ha rappresentato il 16% del totale. Nel 2023, la produzione di idrogeno a basse emissioni è stata inferiore a 1 milione di tonnellate, (principalmente da combustibili fossili con CCUS) mentre la produzione tramite elettrolisi dell'acqua, concentrata soprattutto in Cina, è stata inferiore a 100 mila tonnellate.

Nel 2023, la capacità globale installata di elettrolizzatori per la produzione di idrogeno ha raggiunto 1,4 GW, con un significativo incremento rispetto agli anni precedenti. La Cina ha giocato un ruolo centrale, rappresentando oltre l'80% della nuova capacità installata, compreso il più grande progetto di elettrolisi mai realizzato, una centrale da 260 MW. Si stima che la produzione globale di idrogeno a basse emissioni potrebbe arrivare a circa 49 milioni di tonnellate entro il 2030.

Secondo l'International Energy Agency, nel lungo termine, l'idrogeno a basse emissioni rappresenterà entro il 2050 la maggior parte della produzione globale (82%). L'idrogeno prodotto da combustibili fossili con tecnologie di cattura del carbonio rappresenterà oltre il 20% della produzione totale, con una riduzione significativa delle emissioni di CO₂.

Entro il 2050, la produzione di elettrolizzatori aumenterà enormemente, coprendo il 65% della produzione con una capacità installata di elettrolizzatori che dovrà raggiungere tra i 2.000 e i 3.000 GW.^[1]

Le energie rinnovabili dovranno crescere di molto per soddisfare la crescente richiesta di elettricità per produrre idrogeno a basse emissioni. Entro il 2050, la capacità rinnovabile dedicata alla produzione di idrogeno arriverà a 3.000 GW, con una forte dipendenza dal solare fotovoltaico.

^{1]} Numeri che fanno riferimento alla somma dei target annunciati da tutti i governi considerati da IEA nel suo [WorldEnergyOutlook2024.pdf](#)

Il commercio internazionale di idrogeno e dei suoi derivati aumenterà, rappresentando una parte significativa della domanda globale di idrogeno a basse emissioni e richiedendo nuove infrastrutture per lo stoccaggio e il trasporto, sebbene alcune infrastrutture esistenti per i combustibili fossili possano essere potenzialmente adattate

Anche senza considerare i progetti ancora in fase di sviluppo iniziale, si prevede che la produzione superi le 26 milioni di tonnellate.

Dal punto di vista europeo, l'idrogeno viene promosso in particolare per la decarbonizzazione dei settori hard-to-abate e dei trasporti. Di seguito le principali iniziative comunitarie con inevitabile ricaduta nazionale:

Strategia Europea sull'idrogeno (2020)

L'UE riconosce l'idrogeno come strumento fondamentale per decarbonizzare settori ad alta intensità energetica. La strategia, adottata nel 2020, prevede 5 ambiti e 20 azioni chiave per sviluppare un'economia dell'idrogeno, con investimenti mirati, sviluppo tecnologico, e infrastrutture.

Pacchetto Fit-for-55 (2021):

introduce proposte legislative che traducono la strategia in politiche concrete. Successivamente alla crisi geopolitica in Ucraina, l'UE ha adottato il piano RepowerEU, per ridurre la dipendenza energetica dalla Russia, puntando a una crescita dell'idrogeno verde, dal 2% al 13-14% entro il 2050.

Obiettivi 2030 e 2050:

L'UE si pone l'obiettivo di produrre 10 milioni di tonnellate di idrogeno rinnovabile all'anno entro il 2030 e di importare altrettanto. Inoltre, si mira a ridurre le emissioni di gas serra del 90% entro il 2040 e a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.

I principali vettori di finanziamento degli obiettivi e delle iniziative di cui sopra ricadono su strumenti di vario tipo:

vi sono quelli più consolidati come gli **IPCEI**, acronimo che sta per Important Projects of Common Interest e che indica progetti strategici che supportano innovazione e infrastrutture, come il “Hy2Tech”, “Hy2Use”, “Hy2Infra” e “Hy2Move”, che a loro volta finanziano tecnologie, infrastrutture e mobilità.

Poi è stato aggiunto dal 2020 l'**Innovation Fund**, un programma di finanziamento per tecnologie innovative a zero emissioni, inclusi progetti sull'idrogeno.

Successivamente, vi stata l'introduzione nel 2023 della **European Hydrogen Bank**, annunciata in occasione dello Stato dell'Unione nel settembre 2022 da parte del presidente della Commissione europea, Ursula Von der Leyen. Questa ha lo scopo di **gestire investimenti per la produzione di idrogeno rinnovabile e supportare la sicurezza degli investimenti**, con quattro pilastri di azione: domestico (per sostenere l'espansione del mercato della produzione di idrogeno all'interno dello Spazio Economico Europeo e collegare l'offerta di idrogeno rinnovabile con la domanda), aste della banca dell'idrogeno, internazionale (per promuovere una strategia coordinata dell'UE sulle importazioni di idrogeno rinnovabile), e trasparenza e coordinamento.

Inoltre, sempre da Bruxelles si insiste proprio sull'importanza dell'apprendimento delle giuste competenze del settore in ogni Stato membro. È stata infatti creata la **Clean Hydrogen Partnership**, nell'ambito di Horizon Europe, con lo scopo di finanziare progetti di ricerca su produzione, logistica, stoccaggio e utilizzo dell'idrogeno, supportando anche la standardizzazione e lo sviluppo delle Hydrogen Valleys.

Infine, non va dimenticato il costante richiamo ai singoli Stati membri per la definizione di **Piani Nazionali Integrati Energia e Clima** (PNIEC). Molti Stati hanno integrato misure per sostenere l'idrogeno nei loro piani, con obiettivi di consumo di idrogeno rinnovabile e capacità di elettrolizzatori, ma non tutti i piani sono dettagliati o includono misure di finanziamento.

Tra questi anche l'Italia ha definito la propria quota di utilizzo dell'idrogeno come vettore per la decarbonizzazione del Paese.

Lo scorso novembre l'Italia ha pubblicato una strategia nazionale sull'idrogeno, puntando su questo vettore per raggiungere obiettivi di decarbonizzazione, indipendenza energetica e competitività tecnologica. Il successo di tale strategia dipenderà da vari fattori. Sebbene gli obiettivi a breve e medio termine non siano particolarmente ambiziosi, il governo italiano e conseguentemente l'industria sperano in una "rivoluzione industriale", con l'idrogeno a coprire un ruolo di crescente protagonista nei trasporti pesanti e in altri settori.

Tuttavia, **l'offerta di idrogeno, oggi limitata, dovrà aumentare drasticamente, così come la domanda.**

Attualmente, l'Italia consuma solo 1,5 Mtep di idrogeno, per lo più nell'industria chimica, e si prevede un piccolo aumento entro il 2030.

Il contributo dell'idrogeno blu, proveniente dalla cattura della CO₂, sarà minimo. La strategia prevede un consumo di idrogeno tra 6 e 12 Mtep nel 2050, grazie alla diffusione delle tecnologie per l'industria e il trasporto.

L'idrogeno potrebbe essere utilizzato per decarbonizzare settori difficili da trattare, come **trasporti e industrie ad alta richiesta di calore**.

Sebbene i costi di produzione siano attualmente elevati, si prevede una riduzione nel tempo, con l'importazione di idrogeno da paesi del Nord Africa come possibile canale di approvvigionamento.

Il governo intende investire in infrastrutture di trasporto e stimolare la produzione economica di idrogeno. La sfida sarà abbattere i costi per incentivare la domanda e la produzione, con obiettivi realistici e verificabili a lungo termine.



Il contributo alla decarbonizzazione rappresentato dall'idrogeno è sottolineato più volte all'interno della Strategia Nazionale Idrogeno italiana. In particolare, sono in atto misure di supporto, come la restituzione degli oneri di sistema, il completamento del sistema di garanzie di origine e la definizione di un decreto che stabilisce tariffe di esercizio per incentivare la produzione di idrogeno.

Per valutare la risposta del mercato all'idrogeno, Snam ha avviato un'indagine sul potenziale del mercato dell'idrogeno, coinvolgendo operatori italiani e internazionali. L'indagine ha già visto una buona partecipazione, in particolare dai settori hard-to-abate non solo in Italia, ma anche in Austria e Germania. I risultati suggeriscono che la domanda di idrogeno, in linea con gli obiettivi di REPowerEU, potrebbe essere parzialmente soddisfatta attraverso la produzione nazionale e, in parte, tramite le importazioni.

Va sottolineato che l'Italia sta anche rinnovando l'interesse per lo sviluppo della filiera CCS, riconoscendo la sinergia tra questa e la filiera dell'idrogeno. In alcuni casi, questa combinazione potrebbe favorire un ruolo ancora più significativo dell'idrogeno low carbon nel processo di decarbonizzazione.

CAPITOLO 1 - La crescita del settore dell'idrogeno e il mercato del lavoro

Si stima che entro il 2030 la catena del valore dell'idrogeno creerà circa un milione di posti di lavoro, esercitando una forte pressione per formare e preparare la forza lavoro a ricoprire nuovi ruoli in un settore in rapido sviluppo. Molti di questi lavori non esistono attualmente e non hanno titoli professionali inquadrabili in figure già note. Inoltre, richiederanno competenze e formazione diverse da quelle attuali. Occorre dunque determinare le esigenze formative per consentire a questo settore di avere un'offerta sufficiente di lavoratori formati e qualificati.

Il progetto **Green Skills for Hydrogen** ha visto la collaborazione di stakeholder dell'idrogeno in tutta l'UE per documentare la domanda attuale e futura di figure professionali per la filiera dell'idrogeno. L'obiettivo era quello di identificare i profili più richiesti lungo tutta la catena del valore, esplorare le competenze necessarie e analizzare il livello di conoscenza del settore richiesto. Dal rapporto, redatto nel 2023, sulla base di dati raccolti da 246 stakeholder in 23 Paesi europei, emerge che complessivamente sono richiesti circa 200 ruoli distinti. Ciò indica quanto sia diversificata la gamma di occupazioni nel settore. Per distinguere i diversi gruppi professionali, sono state utilizzate le sottocategorie della classificazione ESCO (European Skills, Competencies, and Occupations). Dall'analisi è emerso che, la richiesta è maggiormente concentrata su profili tecnici, come gli ingegneri, mentre è minore per quanto riguarda i profili di supporto, come i professionisti delle vendite, del marketing, dell'amministrazione e della finanza.

Per fornire ulteriore contesto, le figure professionali sono state classificate in:

-  **Attuali:** profili professionali attualmente impiegati in funzioni legate all'idrogeno.
-  **Mancanti:** profili che sono attualmente difficili da trovare a causa di una domanda superiore all'offerta disponibile.
-  **Futuri:** profili che si prevede saranno richiesti in futuro, in base allo sviluppo atteso della filiera.

Le figure professionali e le competenze più ricercate

Dallo studio emerge che alcuni profili professionali, come ad esempio quello di ingegnere di processo chimico, sono particolarmente richiesti nel settore e si prevede che manterranno la loro rilevanza con il progredire dello sviluppo della filiera. D'altro canto, si prevede che alcuni profili saranno molto richiesti con l'avvio delle Hydrogen Valleys, ad esempio gli operatori delle stazioni di rifornimento.

Una tendenza interessante è che la concorrenza tra settori industriali con diverse funzioni ingegneristiche sembra aver portato a una carenza di mercato intensificando la competizione sul mercato del lavoro. Questa scarsità è particolarmente pronunciata per i profili essenziali per l'intera catena del valore dell'idrogeno, che comprende funzioni critiche gestite da ingegneri (in primis elettrici e chimici) e tecnici, che tuttavia possono ambire a lavorare in diversi settori industriali grazie alle loro competenze. In questo scenario, diventa fondamentale la capacità attrattiva del settore rispetto agli altri sbocchi professionali. Un altro limite per quanto riguarda i profili altamente specializzati è che i profili con competenze consolidate nell'industria dell'idrogeno sono particolarmente difficili da trovare a causa della relativa novità della filiera, rispetto ad altri settori già consolidati.

La criticità nel reperire una forza lavoro qualificata e diversificata con competenze tecniche per la gestione degli impianti di produzione di idrogeno è stata ulteriormente sottolineata dal Cluster Idrogeno Andaluso, che ha evidenziato la grande richiesta di ingegneri, saldatori, tecnici elettronici, meccanici e installatori certificati per il gas, profili che necessitano di una formazione specifica e approfondita. Questa necessità è stata ribadita dall'Associazione Spagnola dell'Idrogeno, che ha sottolineato la mancanza di corsi universitari dedicati all'idrogeno, soprattutto nell'ambito dell'ingegneria tecnica, evidenziando la necessità di interventi formativi a tutti i livelli, dalla formazione professionale ai master e ai corsi di aggiornamento professionale.

In generale, i ruoli come ingegneri e tecnici specializzati in processi chimici, salute e sicurezza, elettricità ad alta tensione e ingegneria industriale, sono particolarmente ricercati in tutta Europa. Anche i *project manager* e i funzionari pubblici competenti nell'approvazione e nell'autorizzazione dei progetti legati all'idrogeno rappresentano una sfida per il mercato del lavoro.

Quanto alle competenze richieste dal settore, l'analisi evidenzia che i ruoli tecnici e manageriali, come i professionisti delle scienze fisiche e della terra, i *project manager* e

gli ingegneri, richiedono livelli più elevati di competenza specifica in materia di idrogeno.

Ciò è prevedibile in quanto questi ruoli sono direttamente coinvolti nella progettazione, realizzazione e gestione di tali progetti. Anche alcuni ruoli di supporto, tra cui i responsabili delle vendite, del marketing e dello sviluppo nonché figure più amministrative, richiedono un livello moderato di competenze in materia, suggerendo che anche i ruoli di supporto possono richiedere una comprensione di base delle tecnologie e delle applicazioni dell'idrogeno. Le professioni che richiedono minori competenze specifiche sono generalmente quelle non direttamente coinvolte in attività legate all'idrogeno. Ad esempio, gli sviluppatori di software, gli autisti di camion e i lavoratori del settore civile che probabilmente saranno meno coinvolti in compiti specifici e che ad ogni modo potrebbero richiedere una conoscenza minima delle tecnologie. Trattandosi a ben vedere di ruoli più trasversali, necessitano di un minor grado di specializzazione rispetto alle figure tecniche. Se da un lato questo dato è rassicurante in termini di risorse necessarie ad un'adeguata formazione, la reperibilità sul mercato del lavoro di tali figure dipenderà dalla sua capacità attrattiva.

SKILLS & KNOWLEDGE REQUIRED	OCCURRENCE	%
Production	103	11%
Hazards	87	10%
Systems	61	7%
Operation	57	6%
Maintenance	57	6%
Electrolysis	57	6%
Storage	55	6%
Fuel cell	55	6%
Transport	44	5%
Refuelling	29	3%
Legal & permitting	23	3%

Fig. 1 - Competenze tematiche principali attualmente richieste per i profili occupazionali legati all'idrogeno (Fonte: Green Skills for Hydrogen).

Sulla base dei dati raccolti dagli stakeholder, nel rapporto vengono individuate 11 aree di conoscenza prevalenti più richieste. Ciò evidenzia la multidisciplinarietà delle competenze e conoscenze necessarie nel settore, che spaziano dalla produzione e dal

funzionamento alla sicurezza, allo stoccaggio e alle considerazioni legali. Inoltre, l'analisi distingue tra competenze e conoscenze, categorizzando le prime come "abilità" riguardanti la capacità di eseguire compiti specifici in modo efficace e le seconde come "aree di comprensione critica".

La "produzione" (11%) e i "pericoli" (10%) emergono come le competenze più frequentemente citate, sottolineando la loro importanza nel settore. La produzione comprende vari processi di produzione e può richiedere familiarità con le operazioni industriali nelle raffinerie, con fertilizzanti o con i prodotti chimici. L'elettrolisi è invece meno richiesta (6%), il che si spiega con il fatto che è una sottocategoria della produzione. Il set di competenze per l'elettrolisi comprende altri elementi tecnici rispetto alla produzione, in particolare l'ingegneria dei materiali, la conoscenza degli elettrodi e l'integrazione del sistema con le energie rinnovabili. Anche le "celle a combustibile" (6%) sono uno dei temi citati. I requisiti per le celle a combustibile comprendono la produzione, i sistemi di alimentazione e le competenze in materia di progettazione assistita da computer (CAD), apparecchiature elettromeccaniche, cablaggio e sistemi elettrici. Con un tasso di ricorrenza simile in tutti i profili professionali, il tema dello "stoccaggio" (6%) richiede, tra l'altro, conoscenze nelle operazioni degli impianti a gas, insieme a una profonda comprensione delle tecnologie dell'idrogeno. Il "trasporto" dell'idrogeno è leggermente meno enfatizzato (5%) e i requisiti si concentrano sulla conoscenza dell'infrastruttura dell'idrogeno, della sicurezza, della gestione del rischio e dei sistemi integrati. Il set di competenze richieste per lavorare nel trasporto dell'idrogeno evidenzia in particolare la progettazione e l'ingegneria di processo.

La percentuale relativamente più bassa di presenza di "legali e autorizzazioni" (3%) e "rifornimento" (3%) potrebbe suggerire che questi aspetti sono meno direttamente coinvolti nelle operazioni quotidiane, ma rimangono cruciali per la conformità e lo sviluppo dell'infrastruttura. È prevedibile che la richiesta di competenze in materia di "rifornimento" aumenti con l'aumento della diffusione delle stazioni di rifornimento.

La sicurezza è stata unanimemente identificata come un'area di competenze e conoscenze fondamentali applicabili a tutte le specializzazioni, che richiede come priorità la sua integrazione nei curricula esistenti.

L'impatto degli scenari di produzione di idrogeno verde sul mondo del lavoro

Come visto sinora, la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio richiede non solo una profonda trasformazione dei sistemi energetici ma anche un ripensamento del mercato del lavoro.

Questa necessità è stata evidenziata chiaramente nel rapporto *Worldwide Recruitment Energy 2022*, uno studio di respiro internazionale a cui hanno partecipato oltre 1089 professionisti provenienti da 53 paesi che ha messo in luce una forte disparità tra la domanda e l'offerta di competenze altamente specializzate nel settore delle energie rinnovabili, con particolare riferimento all'idrogeno verde.

Lo studio evidenzia, come il *Green Skill for Hydrogen* per l'Europa, che ingegneri e chimici con esperienza specifica nella produzione e gestione dell'idrogeno rappresentano i profili professionali più richiesti a livello mondiale.

La significativa carenza di questi professionisti sta già generando un'intensa competizione per accaparrarsi i talenti disponibili, determinando un aumento dei salari e, di conseguenza, ritardi nell'esecuzione di progetti cruciali per la transizione energetica. Questa situazione ricorda quella vissuta nel settore digitale, dove la scarsità di professionisti ha portato ad un'escalation dei compensi e rallentamenti nello sviluppo di nuove tecnologie.

I dati del *Worldwide Recruitment Energy 2022* e le testimonianze di esperti del settore mettono in risalto l'urgenza di investire massicciamente nella formazione e nello sviluppo di competenze specifiche per garantire una transizione energetica tempestiva ed efficace, in linea con gli scenari di sviluppo dell'offerta di idrogeno verde in Europa.

Lo studio *Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market*, realizzato da Cepsa e ManpowerGroup, fornisce una solida base per comprendere le prospettive di occupazione legate all'idrogeno verde. La ricerca analizza l'impatto occupazionale che il nuovo settore delle energie sostenibili avrà in Europa fino al 2040, evidenziando le ricadute positive su diversi settori economici. Gli investimenti nelle molecole verdi dall'idrogeno verde, ai biocarburanti avanzati e ai settori correlati, non solo accelerano la transizione energetica europea ma contribuiscono anche alla creazione di posti di lavoro e, di conseguenza, alla crescita economica.

Il settore delle molecole verdi creerà tra 1,7 e 2 milioni di nuovi posti di lavoro diretti, indiretti e indotti nell'UE e nel Regno Unito entro il 2040. In media, si prevede la creazione di 101.000 posti di lavoro all'anno in questa area, con un tasso di crescita annuo composto (CAGR) del 23%. Tuttavia, cogliere queste opportunità richiede una preparazione adeguata della forza lavoro per ruoli altamente specializzati.

Attualmente, si stima che il 60% dei professionisti europei manchi delle competenze necessarie, che siano ingegneristiche, digitali o legate alla sostenibilità, per cui sono necessari investimenti significativi nello sviluppo delle competenze e nella formazione professionale.

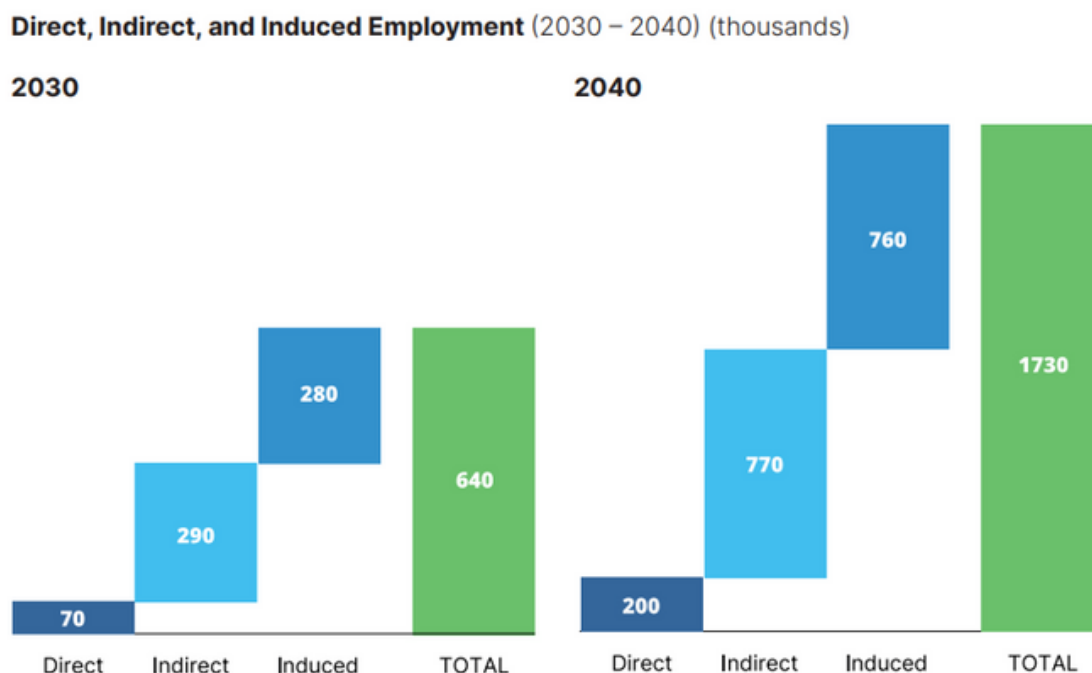


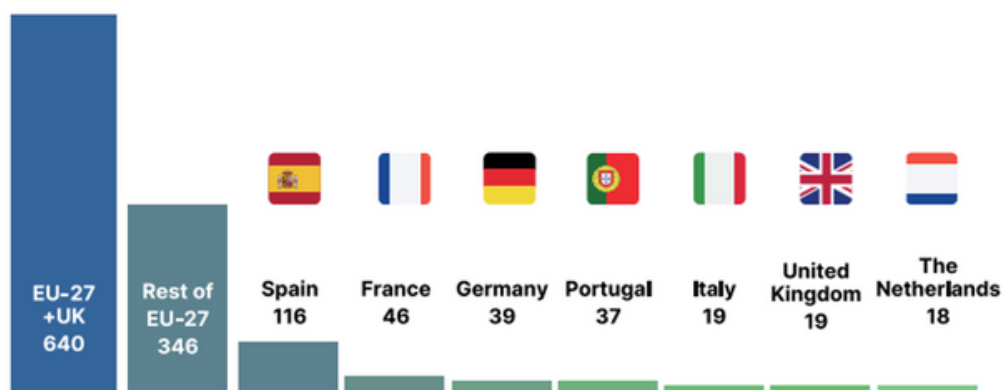
Fig. 2 - Creazione di posti di lavoro diretti, indiretti e indotti nel settore dell'idrogeno verde e nei biocombustibili al 2030 e 2040 (UE-27 e UK. Fonte: Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market).

La Fig. 2 mostra l'impatto delle molecole verdi sul lavoro, diretto, indiretto e indotto nell'UE e nel Regno Unito al 2030 e al 2040. Circa l'11% dei posti di lavoro sono diretti e rimangono nel settore energetico, mentre il 45% è indiretto e il 43,9% ha un impatto sul resto della catena del valore. In queste proiezioni, circa il 40% dei posti di lavoro diretti riguarda i biocarburanti, mentre il restante 60% riguarda l'idrogeno verde.

La transizione energetica è una trasformazione globale con effetti indotti su tutta la sua catena del valore e sull'economia nel suo complesso. Il fatto che il 75% dei posti di lavoro creati dagli investimenti in idrogeno verde e biocarburanti non sia direttamente nel settore energetico è una misura del grande impatto della transizione energetica sull'economia del Regno Unito e dell'Europa.

Si prevede che, in linea con i piani di espansione della produzione di idrogeno, Spagna (116.000), Francia (46.000) e Portogallo (37.000) creeranno la maggior parte dei posti di lavoro nel 2030, rappresentando il 31% del totale entro tale data. Tuttavia, Germania e Regno Unito creeranno posti di lavoro a un tasso superiore alla media tra il 2030 e il 2040, raggiungendo i 145.000 in Germania e i 173.000 nel Regno Unito. La Spagna continuerà a guidare la creazione di posti di lavoro nel 2040, con 181.000 nuovi posti di lavoro.

Job Creation in 2030 (thousands, by countries)



Job Creation in 2040 (thousands, by countries)

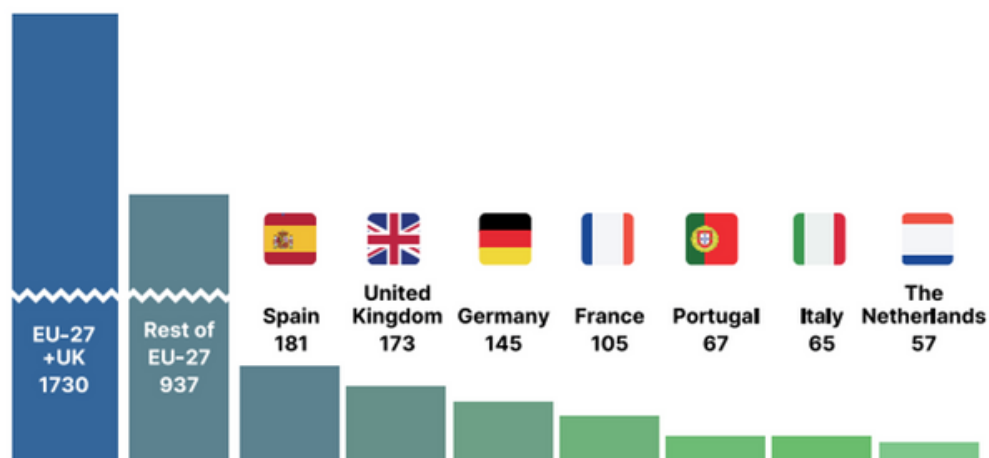


Fig. 3 - Creazione di posti di lavoro per paese analizzato al 2030 e 2040. (Fonte: Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market).

Da una prospettiva più ampia, il tasso medio di creazione di posti di lavoro tra il 2023 e il 2040 è del 30% (CAGR).

Chart 1. Projection of direct, indirect, and induced (tractor) employment generation driven by green molecules in 2030 and 2040 for EU-27 and the United Kingdom (aggregated).

2030-2040 Variation	CAGR	Average annual employment (thousands)
EU-27 + UK	30%	820
Spain	28%	110
France	30%	53
Portugal	29%	39
The Netherlands	31%	26
Germany	32%	61
Italy	31%	28
Rest of EU-27	30%	460
The United Kingdom	35%	54

*Fig. 4 - Proiezione della creazione di posti di lavoro diretti, indiretti e indotti al 2030 e 2040 (UE e UK.
Fonte: Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market).*

Con l'invecchiamento della popolazione europea, si osserva una previsione più o meno proporzionale dell'invecchiamento di tutti i settori, compensabile solo con politiche occupazionali chiare e decise. Anche le aziende svolgono un ruolo chiave, con iniziative per attrarre giovani talenti.

Nel caso specifico del settore in questione e della transizione energetica nel suo complesso, questo dato sull'invecchiamento non è necessariamente negativo poiché, come già visto, i profili richiesti da questo cambiamento di paradigma sono per lo più profili tecnici esperti.

In ogni caso, è importante notare che l'età media dei professionisti sarà di 43 anni nel 2030 e di 42 anni e 6 mesi nel 2040, leggermente inferiore all'età media dei professionisti europei (44 anni nel 2022).

Representation of Age Groups in Employment (%)

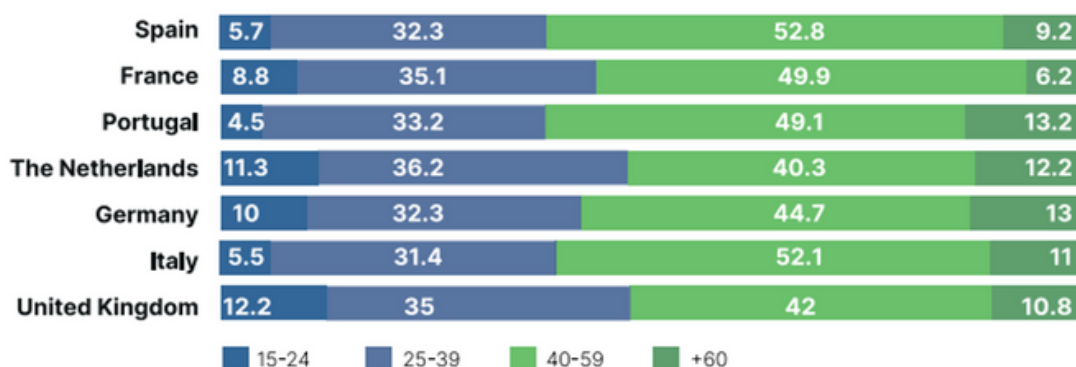
2030



2040



Representation of Age Groups in Employment in the Analyzed Region in 2030 (%)



Representation of Age Groups in Employment in the Analyzed Region in 2040 (%)

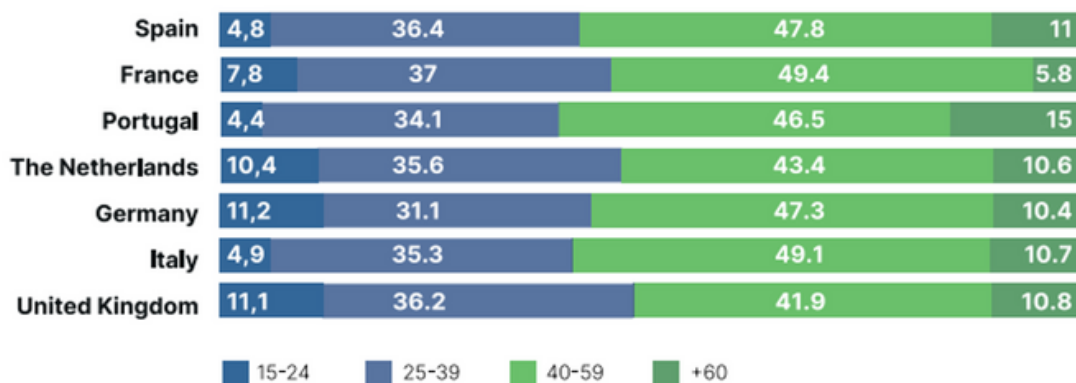


Fig. 5 - Rappresentazione dell'occupazione per età al 2030 e 2040 (Fonte: Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market).

Esaminando più nel dettaglio i singoli paesi, si riscontra nuovamente un riflesso della loro composizione demografica, che varia leggermente nelle proiezioni al 2040. La fascia di età superiore ai 40 anni è significativamente più alta della media regionale in Italia, Spagna e Francia nel 2030. Infatti, il 59% dei professionisti del settore nel 2030 ha più di 40 anni, e il 10% ha più di 60 anni.

Nel 2040, tuttavia, la quota di over-40 in questa piramide demografica settoriale diminuisce di 2 punti percentuali, a causa di una maggiore incorporazione di giovani tra i 24 e i 39 anni e di una diminuzione dei professionisti di età compresa tra 40 e 59 anni.

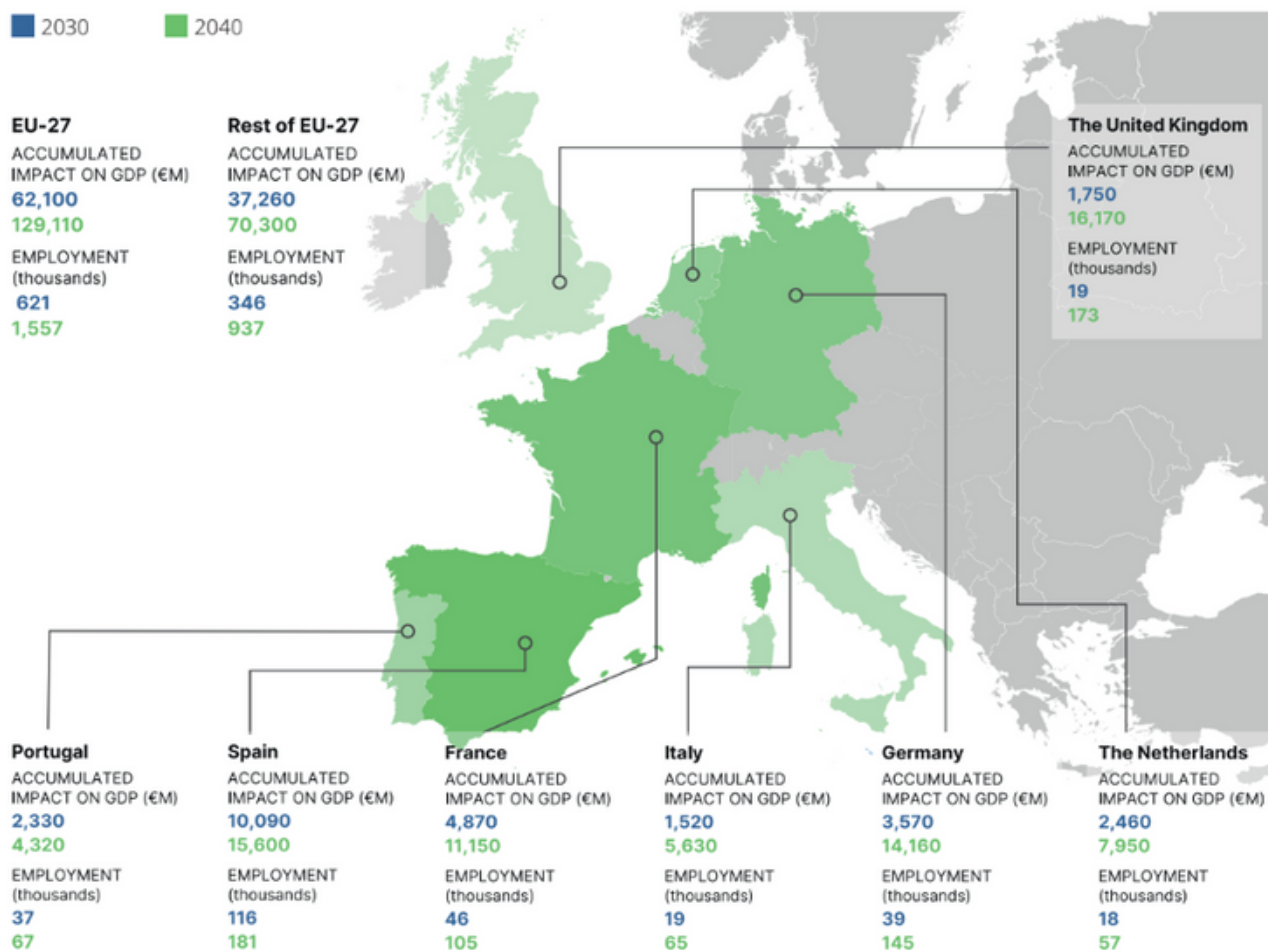


Fig. 7 - Mappatura dell'occupazione per paese (Fonte: Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market).

Dunque, l'idrogeno sta emergendo come un elemento chiave nella transizione energetica europea, con un **impatto economico stimato in 62,1 miliardi di euro nel 2030 e destinato a più che raddoppiare fino a 129,1 miliardi di euro nel 2040**. Parallelamente, l'occupazione generata dal settore passerà da 621 mila posti di lavoro nel 2030 a oltre 1,5 milioni entro il 2040, segnando un forte sviluppo del comparto.

Tra i principali Paesi coinvolti, **la Spagna emerge come leader** per impatto economico nel 2030, **con 10,09 miliardi di euro**, seguita da Francia (4,87 miliardi), Germania (3,57 miliardi), Paesi Bassi (2,46 miliardi), Portogallo (2,33 miliardi) e Italia, che con 1,52 miliardi di euro presenta un valore iniziale più contenuto. Tuttavia, nel 2040, Germania e Francia registrano una forte crescita, rispettivamente fino a 14,16 miliardi di euro e 11,15 miliardi di euro, mentre la Spagna si attesta su 15,6 miliardi di euro. Anche l'Italia mostra un incremento significativo, raggiungendo 5,63 miliardi di euro, così come i Paesi Bassi (7,95 miliardi di euro) e il Portogallo (4,32 miliardi di euro).

Dal punto di vista occupazionale, i trend riflettono l'aumento della produzione e dell'adozione dell'idrogeno. La Spagna, che nel 2030 prevede 116.000 posti di lavoro, salirà a 181.000 nel 2040, mentre la Francia passerà da 46.000 a 105.000 occupati. In Germania, l'occupazione crescerà da 39.000 a 145.000 posti, mentre in Italia i posti di lavoro saliranno da 19.000 a 65.000. I Paesi Bassi, con una progressione da 18.000 a 57.000 posti di lavoro, e il Portogallo, da 37.000 a 67.000, seguono una traiettoria simile.

Questi dati evidenziano un'espansione significativa dell'idrogeno come vettore energetico, ma anche la necessità di superare barriere burocratiche, sviluppare infrastrutture adeguate e garantire una maggiore competitività rispetto alle fonti fossili. Senza un'accelerazione negli investimenti e nelle politiche di sostegno, il rischio è che l'UE non riesca a raggiungere gli obiettivi prefissati per il 2040. Il coordinamento tra Stati membri e settore privato, unitamente a meccanismi di incentivazione efficaci, sarà fondamentale per consolidare il ruolo dell'UE come leader globale nell'idrogeno rinnovabile e nella decarbonizzazione del sistema energetico.

Tuttavia, va evidenziato che lo studio Green Molecules mostra una discrepanza tra la carenza di professionisti segnalata dalle aziende e il tasso di disoccupazione in diversi paesi a luglio 2023, evidenziando una paradossale situazione in cui, nonostante tassi di disoccupazione relativamente alti in paesi come Spagna, Grecia e Francia (rispettivamente 11.6%, 10.8% e 7.2%), l'80% delle aziende lamenta difficoltà nel reperire personale qualificato per le proprie posizioni aperte.

Questo suggerisce che il problema non è semplicemente una mancanza di professionisti, ma piuttosto **un mismatch tra le competenze offerte dalla forza lavoro e quelle richieste dal mercato.**

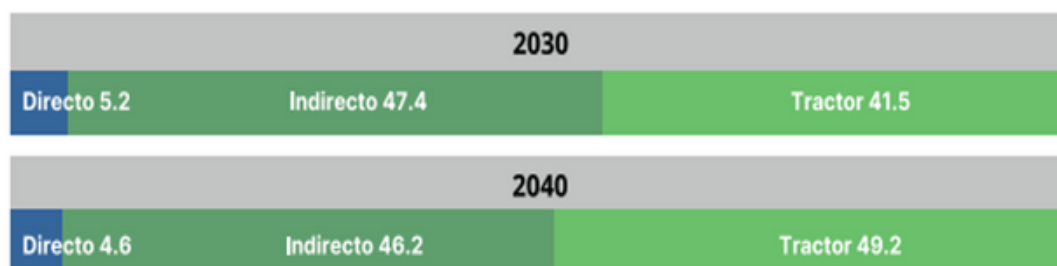
Paesi come Taiwan e Hong Kong, con tassi di disoccupazione molto bassi (3% e 1.9%), mostrano percentuali di aziende con problemi di reclutamento ancora più alte, confermando ulteriormente il problema del mismatch di competenze.



Le prospettive di occupazione legate all'idrogeno verde in Italia



Breakdown of employment in Italy (%)



Estimated economic impact in Italy, according to the type of employment (%)

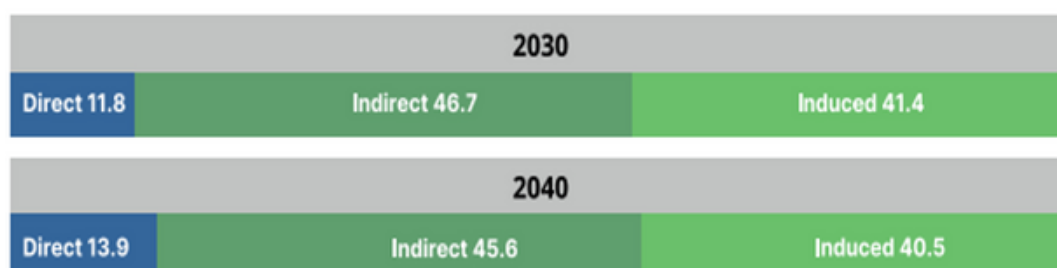


Fig. 8 - Impatto sull'occupazione e sull'economia italiana della diffusione dell'idrogeno (Fonte: Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market).

Per decarbonizzare i consumi energetici, l'Italia ha in programma un insieme di strategie che comprendono un aumento dell'elettrificazione, l'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili, lo sviluppo della tecnologia CCS (Carbon Capture and Storage), dei biocarburanti, del biometano e della potenziale fonte nucleare, con particolare attenzione all'idrogeno, sia rinnovabile che a bassa emissione di carbonio.

Questi obiettivi di decarbonizzazione sono fissati nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), attraverso il quale l'Italia si impegna a raggiungere traguardi ambiziosi, stabilendo una tabella di marcia chiara per il 2030 e per il percorso che porterà al Net Zero entro il 2050. Un aspetto cruciale di questo piano riguarda la realizzazione di circa 15-30 GW di capacità di elettrolizzatori, che rappresentano gli impianti necessari per produrre idrogeno in modo sostenibile. Per realizzare questo obiettivo, si stima che sarà necessario un investimento complessivo tra 8 e 16 miliardi di euro, senza considerare gli impianti di fonti rinnovabili aggiuntivi necessari in un rapporto di 1 a 3. Questi investimenti genereranno così oltre 4.700-9.000 posti di lavoro permanenti, tra impieghi diretti e indiretti. Durante le fasi di investimento, si potrebbero creare anche posti temporanei aggiuntivi.

Nel complesso, secondo le stime più ottimistiche fornite dal PNIEC, ci si aspetta che le unità di lavoro annuali accumulate possano arrivare a un intervallo tra 52.000 e 100.000 nel lungo termine.

Lo studio Green Molecules fornisce un quadro dettagliato delle aspettative riguardanti l'impatto economico e occupazionale dell'idrogeno verde in Italia fino all'anno 2040. Secondo le previsioni, la produzione di idrogeno verde subirà un incremento sostanziale, arrivando a 7 TWh nel 2030 e 49 TWh nel 2040, con un forte impatto sul mercato del lavoro.

Infatti si prevede un significativo aumento dei posti di lavoro, arrivando a 19.000 posti nel 2030 e a 65.000 nel 2040. Anche il PIL dovrebbe registrare un'espansione notevole, raggiungendo 1.520 milioni di euro nel 2030 e 5.630 milioni di euro nel 2040.

Un'analisi più dettagliata della ripartizione dell'occupazione rivela che i posti di lavoro direttamente legati al settore dell'idrogeno verde potrebbero calare leggermente, passando dal 5,2% nel 2030 al 4,6% nel 2040. Tuttavia, l'occupazione indiretta - che include i posti di lavoro nei settori che forniscono supporto all'industria dell'idrogeno - rimarrà relativamente stabile attorno al 47%. Inoltre, i posti di lavoro creati indirettamente, grazie all'effetto moltiplicatore associato all'industria dell'idrogeno, potrebbero aumentare al 41,5% nel 2030 e al 49,2% nel 2040.

In sintesi, l'analisi presenta un quadro ottimistico delle opportunità offerte dall'idrogeno verde in Italia, sottolineando il potenziale per la creazione di posti di lavoro e per la crescita economica complessiva, con ricadute significative su vari settori dell'economia. Tuttavia, è fondamentale notare che tali proiezioni dipendono da diversi fattori, tra cui politiche governative e investimenti privati.

CAPITOLO 2 - Lo stato di avanzamento dei progetti su idrogeno verde in Europa e in Italia

L'Europa verso il 2030: Obiettivi e Sfide per la Produzione di Idrogeno Rinnovabile

La Commissione europea si è posta come target entro il 2030 la produzione di 10 milioni di tonnellate di idrogeno rinnovabile e l'importazione di 10 milioni di tonnellate. Per il periodo 2021-2027, Bruxelles ha messo in campo 18,8 miliardi di euro per finanziare progetti relativi all'idrogeno: un sostegno finanziario assegnato attraverso più programmi e bandi, tra cui il PNRR e il Fondo per l'innovazione.

La strategia prevede una graduale accelerazione per lo sviluppo dell'idrogeno pulito nel corso di tre fasi tra il 2020 e il 2050:

- Fino al 2024, diffusione iniziale nei centri di domanda;
- Fino al 2030, riduzione dei costi e sviluppo delle infrastrutture;
- Dopo il 2030, maturazione delle tecnologie basate sull'idrogeno rinnovabile con una diffusione e una domanda su vasta scala.

Diversi Paesi europei hanno già adottato una chiara strategia sull'idrogeno a livello nazionale per diventare indipendenti dal punto di vista energetico e ridurre le emissioni di carbonio del settore energetico. Il che significa anche che si creerà contemporaneamente **la necessità di lavoratori qualificati**, lo sviluppo di sempre **più programmi di istruzione e formazione** per studenti e ingegneri e la **riqualificazione degli attuali dipendenti del settore energetico**.

Tuttavia, l'analisi delle strategie nazionali per l'idrogeno in Europa rivela criticità significative. I sette principali Paesi dell'UE in termini di capacità prevista di elettrolisi potrebbero contribuire con appena 4,8 milioni di tonnellate di idrogeno, coprendo meno del 50% del target di produzione interna fissato per il 2030.

Ancora più preoccupante è il fatto che i progetti in fase avanzata, pari a soli 2,8 GW di capacità di elettrolisi, rappresentano appena il 6% del target aggregato di 47 GW previsto dalle strategie nazionali.

	Target @2030	Operativi	In costruzione/FID
Germania	10 GW	0,08 GW	0,5 GW
Paesi Bassi	4 GW	0,01 GW	0,2 GW
Francia	6,5 GW	0,01 GW	0,3 GW
Spagna	11 GW	0,04 GW	0,07 GW
Portogallo	5,5 GW	–	0,1 GW
Danimarca	4-6 GW	0,01 GW	0,1 GW
Svezia	5 GW	0,02 GW	1,4 GW

Fig. 9 - Top 7 paesi UE per target di capacità: confronto tra strategia nazionale e taglia dei progetti avanzati (Fonte: AGICI, Il futuro dell'idrogeno: dalle strategie nazionali al mercato globale).

Di seguito una panoramica dettagliata delle strategie e degli obiettivi dei sette principali Paesi dell'UE in termini di capacità di elettrolisi prevista al 2030:

- 1 Germania:** ha delineato una strategia nazionale per l'idrogeno che prevede l'installazione di 5 GW di capacità di elettrolisi entro il 2030, con un possibile incremento a 10 GW entro il 2040, attraverso un piano di investimenti di 9 miliardi di Euro. Il focus è sulla produzione di idrogeno verde per decarbonizzare settori industriali chiave come l'acciaio e la chimica. Tuttavia, attualmente i progetti in fase avanzata coprono solo una frazione di questo obiettivo, indicando la necessità di accelerare gli investimenti e le autorizzazioni.
- 2 Paesi Bassi:** puntano a raggiungere una capacità di elettrolisi di 3-4 GW entro il 2030, con un'enfasi sulla produzione di idrogeno verde per l'industria e il settore dei trasporti. Nonostante l'ambizione, i progetti attualmente in fase avanzata sono limitati, suggerendo la necessità di intensificare gli sforzi per raggiungere gli obiettivi.
- 3 Francia:** Nel 2018 si è dotata di una strategia nazionale per l'idrogeno, il Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique. La Francia mira a sviluppare 6,5 GW di capacità di elettrolisi entro il 2030, concentrandosi sull'uso dell'idrogeno nei settori dei trasporti e dell'industria. Nonostante l'ambizione, la realizzazione pratica è in ritardo, con progetti avanzati che rappresentano una porzione limitata dell'obiettivo prefissato.

- 4 Spagna:** ha recentemente aumentato il suo obiettivo di capacità di elettrolisi a 12 GW entro il 2030, rispetto al precedente target di 11 GW, riflettendo una crescente fiducia nel potenziale dell'idrogeno verde. Il paese sta attirando investimenti significativi, inclusa una fabbrica di elettrolizzatori da parte dell'azienda cinese Envision, con un investimento di oltre 906 milioni di euro. Tuttavia, la realizzazione di questi progetti su larga scala richiede una rapida implementazione per rispettare le scadenze prefissate.
- 5 Portogallo:** prevede di installare 2-2,5 GW di capacità di elettrolisi entro il 2030, con un focus sulla produzione di idrogeno verde per l'esportazione e l'uso domestico. Nonostante le ambizioni, la realizzazione pratica dei progetti è ancora in fase iniziale, richiedendo un'accelerazione significativa per raggiungere gli obiettivi.

Questo divario tra ambizioni e realtà produttiva evidenzia la necessità di un'accelerazione significativa nello sviluppo dei progetti.

Per affrontare tali sfide, l'UE e i suoi Stati membri stanno adottando un'ampia gamma di strumenti normativi, di policy e di incentivazione finanziaria, finalizzati sia a coprire i costi di investimento (CAPEX) che i costi operativi (OPEX) dei progetti. In particolare, si contano oltre venti strumenti di finanziamento a livello europeo, tra cui il Fondo per l'Innovazione (Innovation Fund), Horizon Europe, le iniziative IPCEI (Importanti Progetti di Comune Interesse Europeo), la Hydrogen Bank e bandi nazionali specifici.

Considerata la natura OPEX-intensive dei progetti di produzione di idrogeno, uno degli strumenti più diffusi è l'introduzione di meccanismi di sostegno basati su aste competitive, come i Contract for Difference (CfD). Questi sistemi garantiscono un incentivo fisso o variabile per colmare il divario tra il costo di produzione dell'idrogeno rinnovabile e le alternative fossili, facilitando l'avvio su larga scala delle iniziative. L'Osservatorio europeo ha identificato sette meccanismi di incentivazione attivi a livello comunitario e nazionale, per un'allocazione complessiva pari a 12,9 miliardi di euro.

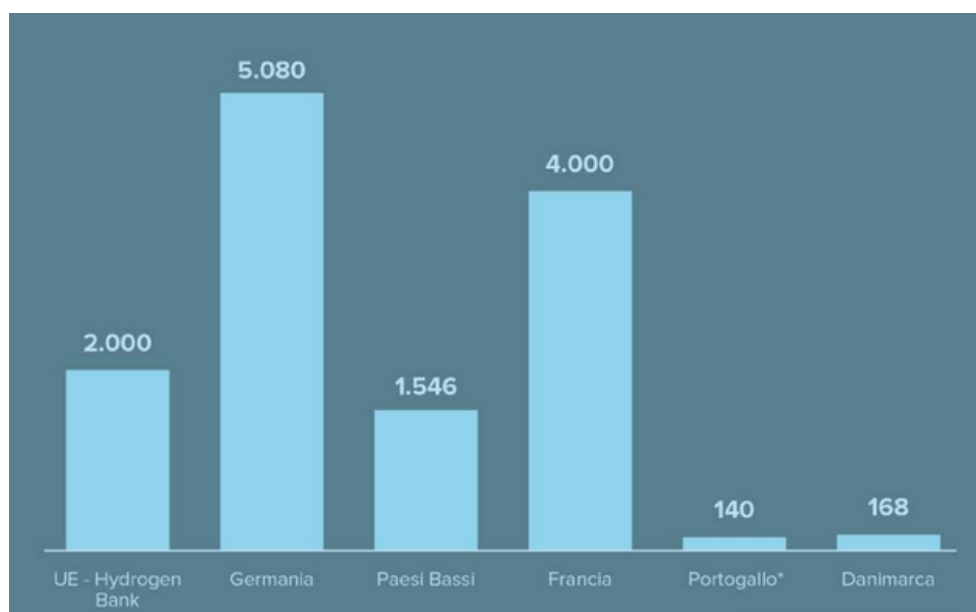


Fig. 10 - Ripartizione per paese dei meccanismi incentivanti a supporto dei costi operativi (OPEX) in Europa (Fonte: AGICI, Il futuro dell'idrogeno: dalle strategie nazionali al mercato globale).

Nonostante questi sforzi, rimane il rischio che l'UE non riesca a raggiungere i target prefissati nei tempi stabiliti, a causa di barriere burocratiche, vincoli infrastrutturali e della necessità di migliorare la competitività dell'idrogeno rispetto alle fonti energetiche tradizionali. Sarà quindi fondamentale garantire un coordinamento più efficace tra gli Stati membri, potenziare la cooperazione pubblico-privata e favorire lo sviluppo di una rete infrastrutturale adeguata per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione dell'idrogeno su scala industriale. Solo attraverso un impegno concreto e tempestivo sarà possibile consolidare il ruolo dell'Europa come leader globale nell'idrogeno rinnovabile e nella decarbonizzazione del sistema energetico.

La strategia italiana: Opportunità e Criticità di Sviluppo

Anche il nostro Paese sta facendo la sua parte, tanto che il governo italiano ha presentato la **Strategia Nazionale Idrogeno** a novembre 2024, di cui fa parte il Corridoio meridionale dell'idrogeno, il cosiddetto **SouthH2**, fra **Italia, Austria, Germania, Tunisia e Algeria**.

L'Italia si trova oggi davanti a una grande opportunità: diventare uno dei Paesi protagonisti della transizione energetica grazie allo sviluppo dell'idrogeno verde, sostenuto fortemente dal PNRR e dalle politiche europee.

Con circa **3,64 miliardi di euro dedicati**, il nostro Paese ha avviato un percorso per creare una filiera nazionale dell'idrogeno, puntando sulla **riconversione industriale**, sullo **sviluppo di Hydrogen Valley** e sull'**applicazione nei trasporti e nei processi industriali più difficili da decarbonizzare**.

Il PNRR rappresenta il cuore del finanziamento pubblico per il settore dell'idrogeno in Italia. Il budget destinato a questo ambito rientra nella Missione 2 - Rivoluzione verde e transizione ecologica, con interventi mirati allo sviluppo della filiera dell'idrogeno:

- **Hydrogen Valleys (500 milioni di euro):** poli territoriali in cui la produzione, lo stoccaggio e l'utilizzo dell'idrogeno avvengono in un'area circoscritta, spesso situata in aree industriali dismesse o in prossimità di poli produttivi ad alta intensità energetica.
- **Riconversione di aree industriali dismesse (500 milioni di euro):** molte ex aree industriali in Italia sono oggi inutilizzate o sottoutilizzate. Con questo investimento, il governo punta a convertirle in siti di produzione di idrogeno verde, sfruttando impianti esistenti e collegamenti con la rete elettrica.
- **Produzione e distribuzione nei trasporti (230 milioni di euro):** il settore dei trasporti è tra i più difficili da decarbonizzare, soprattutto per mezzi pesanti, ferroviari e marittimi. Questa parte del budget è destinata a sviluppare infrastrutture per l'uso dell'idrogeno nei trasporti pubblici e merci.
- **Ricerca e innovazione (160 milioni di euro):** per rendere l'idrogeno verde competitivo, è necessario investire in ricerca e sviluppo su tecnologie innovative, migliorando le prestazioni degli elettrolizzatori e sviluppando sistemi di stoccaggio più efficienti.

L'Italia partecipa inoltre all'IPCEI Hydrogen, un programma europeo per finanziare progetti strategici nel settore dell'idrogeno. Il governo ha stanziato circa **1 miliardo di euro** per supportare aziende italiane coinvolte in progetti europei di sviluppo della filiera dell'idrogeno. Infine alcune Regioni italiane, soprattutto quelle con una forte presenza industriale (Lombardia, Piemonte, Emilia-Romagna, Puglia, Sardegna), stanno destinando fondi propri per progetti legati all'idrogeno. Inoltre, il governo italiano prevede **agevolazioni fiscali e incentivi per le imprese** che investono in questa tecnologia.

L'Italia ha fissato un obiettivo di 5 GW di capacità di elettrolisi entro il 2030, con l'intenzione di utilizzare l'idrogeno per decarbonizzare settori industriali e dei trasporti. Tuttavia, il paese è in ritardo rispetto agli obiettivi, con progetti in fase avanzata che rappresentano una piccola parte del target prefissato. Nell'ultimo decennio il nostro Paese ha, infatti, partecipato a oltre 70 progetti per la promozione dell'idrogeno finanziati da fondi strutturali UE, perlopiù di ricerca e sviluppo, a cui si aggiungono le più recenti iniziative qualificate come IPCEI, nonché quelle finanziate dal PNRR. Quest'ultimo costituisce, ad oggi, il principale strumento di supporto lato CAPEX alla realizzazione della maggior parte dei progetti nazionali, rafforzato anche dall'integrazione del nuovo capitolo REPowerEU. Complessivamente, a luglio 2024, le risorse già approvate o concesse in Italia per l'idrogeno ammontavano a circa 2 miliardi di euro, buona parte dei quali sono destinati al Nord Italia, con 693 milioni di euro stanziati e 68 progetti avviati. Segue il Sud, con 506 milioni di euro e 56 progetti, e infine il Centro, che racchiude 20 progetti per una cifra di 118 milioni di euro. La restante parte si riferisce a progetti non ancora identificati sul territorio nazionale.

Il monitoraggio Ambrosetti-Wave ha evidenziato che **solo 9 progetti su 57 finanziati per le Hydrogen Valleys hanno completato autorizzazioni e procurement**, per un totale di 132 milioni di euro di finanziamento (25% del totale):

- Hera, Snam e Herambiente (Modena): 20 milioni di euro per il trasporto pubblico.
- Sasa e Alperia (Bolzano): 20 milioni di euro per il trasporto pubblico.
- Sapio ed Eco+eco (Porto Marghera, VE): 17,4 milioni di euro per l'industria.
- Sarpom (Trecate, NO): 16,8 milioni di euro per la raffinazione.
- AcegasApsAmga e HestAmbiente (Trieste): 15,8 milioni di euro per i porti.
- Cva e Cva Eos (Chatillon, AO): 8,7 milioni di euro per il trasporto pubblico.
- Solvay Chimica e Sapio (Rosignano Marittimo, LI): 16 milioni di euro per la decarbonizzazione dei processi.
- Sotacarbo (Sebariu e Carbonia, SU): 12,7 milioni di euro per la decarbonizzazione dei processi e il trasporto pubblico.
- Maffei Sarda Silicati (Ossi, SS): 5,3 milioni di euro per la decarbonizzazione.

Questi 9 progetti prevedono l'installazione di 26 MW di capacità di elettrolisi, con una produzione annua di 3.313 tonnellate di idrogeno verde.



Le Hydrogen Valleys possono rappresentare un elemento chiave per il potenziamento delle filiere produttive locali e per la creazione di un ecosistema industriale basato sull'idrogeno. Tuttavia, l'attuale scenario evidenzia il rischio che molte iniziative restino incomplete o, peggio ancora, che i volumi di idrogeno prodotti attraverso incentivi pubblici non trovino un'effettiva collocazione sul mercato.

Senza un'adeguata crescita della domanda, diventa essenziale una strategia politica chiara e coerente, capace di orientare gli investimenti verso progetti con un impatto tangibile, sia in termini di innovazione tecnologica che di sviluppo dell'industria nazionale.

La Corte dei Conti ha fornito un riassunto completo e aggiornato dello stato avanzamento dell'intervento M2-C2-I5.2 "Idrogeno" finanziato dal PNRR, all'interno delle Delibere n. 26/2025/G e n. 41/2025/G pubblicate nel primo trimestre del 2025. L'obiettivo è la realizzazione di un grande impianto industriale per la produzione di elettrolizzatori con capacità produttiva di 1 GW/anno entro il 2026, al fine di promuovere la produzione e l'utilizzo dell'idrogeno rinnovabile nel tessuto industriale italiano. Il progetto si articola in tre linee di investimento:

- **Linea A (250 milioni di euro):** dedicata al cofinanziamento di progetti europei di interesse comune (IPCEI) per la realizzazione di stabilimenti industriali per la produzione di elettrolizzatori.
- **Linea B (100 milioni di euro):** destinata al sostegno di iniziative imprenditoriali per la produzione diretta di elettrolizzatori.
- **Linea C (100 milioni di euro):** rivolta allo sviluppo della filiera produttiva dei componenti per elettrolizzatori, inclusi progetti di ricerca e formazione.

Secondo quanto riportato nei documenti della Corte dei Conti (Delibera n. 41/2025/G), alla data del 31 dicembre 2024 non risultavano ancora spese sostenute per l'intervento M2-C2-I5.2 "Idrogeno", nonostante siano stati stanziati 450 milioni di euro complessivi:

- ✗ **Spesa sostenuta: 0 €**
- ✗ **Budget disponibile al 31/12/2024: 175 milioni €**
- ✗ **Totale risorse previste dal Piano: 450 milioni €**
- ✗ **Percentuale di spesa su budget e su totale: 0%**

In sostanza, nonostante la fase di attuazione proceda (con gare, approvazioni e decreti di concessione), non è ancora stato speso concretamente alcun euro, e i progetti restano in fase interlocutoria.

Per quanto riguarda la Linea A, sono stati sottoscritti gli accordi per il finanziamento di due grandi progetti industriali:

- **Ansaldo Green Tech S.p.A. ha ricevuto un decreto di concessione per un importo massimo di 217,75 milioni di euro**, a seguito dell'approvazione di una variante progettuale da parte della Commissione Europea.
- **De Nora Italy Hydrogen Technologies S.r.l. ha ottenuto 32,25 milioni di euro per un progetto denominato "Gigafactory"**, già approvato e in fase avanzata di attuazione.

Complessivamente, la capacità produttiva prevista da questi due progetti ammonta a 2.320 MW/anno, ben oltre il target di 1 GW fissato per il 2026.

La Linea B è destinata alla **produzione diretta di elettrolizzatori** da parte di imprese italiane, con un budget di 100 milioni di euro. Alla chiusura della seconda finestra del bando, sono stati **approvati 4 progetti** per un contributo complessivo pari a **8.901.403 €**, con una **capacità produttiva di 320 MW/anno**.

Azienda	Contributo concesso (€)	Localizzazione Sud	Capacità produttiva (MW/anno)
ERREDUE S.p.A.	1.432.500	Sì	120
Remosa S.r.l.	4.094.953	No	130
Primerano S.r.l.	2.005.000	Sì	7
ENA Sud	1.368.950	Sì	63
Totale	8.901.403	–	320

La Linea C riguarda la filiera dei componenti per la produzione di idrogeno e include attività di ricerca, sviluppo sperimentale e formazione. L'avviso pubblico n. 492/2023 ha portato inizialmente alla ricezione di 11 domande per oltre 41 milioni di euro. Successivamente, a seguito della riapertura dello sportello, sono pervenute 15 proposte progettuali, per un totale di 78.216.081 euro richiesti. Alla pubblicazione della Deliberazione n. 41/2025/G (21 marzo 2025), l'esito delle richieste risultava il seguente:

- **5 progetti: esito negativo (non ammessi).**
- **3 progetti: ritirati dai proponenti.**
- **7 progetti: in fase di valutazione**

Il mancato avvio della spesa effettiva evidenzia il rischio di non raggiungere i target nei tempi previsti, soprattutto in un contesto dove l'Italia ambisce a diventare un hub industriale europeo per la tecnologia dell'idrogeno. **A fronte dei 5 GW di elettrolisi previsti entro il 2030 e della possibilità di generare nuovi posti di lavoro lungo la filiera H2, è essenziale sbloccare rapidamente l'erogazione delle risorse e accelerare la fase attuativa.**

CAPITOLO 3 - Politiche europee per la formazione nell'ambito dell'idrogeno

Iniziativa RePowerEU e focus sulla formazione

Negli ultimi anni, la transizione energetica è diventata un pilastro delle politiche europee, guidata da una combinazione di strategie innovative e impegni normativi volti a promuovere le energie rinnovabili, ridurre le emissioni di carbonio e rafforzare la sicurezza energetica dell'Unione Europea.

Il piano REPowerEU, lanciato ufficialmente dalla Commissione europea il 18 maggio 2022, rappresenta una risposta strategica e mirata alle sfide derivanti dalla dipendenza energetica europea dai combustibili fossili russi, dall'instabilità geopolitica scaturita dal conflitto in Ucraina e dalla necessità di accelerare l'adozione di energie rinnovabili.

La dipendenza dell'Unione Europea dal gas e dal petrolio russo ha messo in evidenza la vulnerabilità del sistema energetico europeo, sottolineando la necessità di diversificare le fonti di approvvigionamento e investire in fonti energetiche rinnovabili. Il piano si può riassumere nei seguenti obiettivi:

- **Ridurre la dipendenza dai combustibili fossili importati**, aumentando la produzione interna di energia rinnovabile e il potenziamento delle infrastrutture di stoccaggio e trasporto;
- **Accelerare l'efficienza energetica**, promuovendo l'adozione di tecnologie innovative e sostenibili;
- **Potenziare lo stoccaggio energetico**, per garantire sicurezza della rete;
- **Rafforzare la resilienza del sistema energetico europeo**, promuovendo investimenti in ricerca e formazione;
- **Eliminare le barriere nazionali e internazionali nella distribuzione dell'energia**, sostenendo i trasporti a zero emissioni e le relative infrastrutture.



Per raggiungere l'indipendenza energetica entro il 2027, la Commissione Europea stima la necessità di investimenti aggiuntivi per 210 miliardi di euro, coinvolgendo sia il settore pubblico che quello privato.

Al centro del finanziamento di REPowerEU vi è il dispositivo per la ripresa e la resilienza (RRF), che rappresenta la principale fonte di risorse per il piano. I capitoli dedicati al piano all'interno dei Piani Nazionali di Ripresa e Resilienza (PNRR) degli Stati membri sono finanziati in gran parte dai prestiti rimanenti del RRF, i quali ammontano a 225 miliardi di euro. Inoltre, le sovvenzioni per un massimo di 20 miliardi di euro sono erogate tramite due canali principali: il 60% di questo importo proviene dal Fondo per l'Innovazione, mentre il restante 40% è finanziato dalla vendita di quote del sistema di scambio di quote di emissione (ETS). L'assegnazione delle sovvenzioni tra gli Stati membri avviene sulla base di una formula che considera tre fattori fondamentali: i criteri della politica di coesione, la dipendenza degli Stati dai combustibili fossili e l'aumento dei prezzi degli investimenti. Questa metodologia garantisce che i finanziamenti siano distribuiti in modo equo, riflettendo le diverse esigenze degli Stati membri.

Un'ulteriore flessibilità è garantita dalla possibilità per gli Stati membri di trasferire un massimo di 5,4 miliardi di euro dalla riserva di adeguamento alla Brexit (BAR) al RRF, destinandoli alle misure di REPowerEU. Inoltre, possono essere riassegnati fino al 10% dei fondi della politica di coesione relativi al periodo di programmazione 2014-2020 per sostenere le piccole e medie imprese (PMI) e le famiglie vulnerabili. Per rispettare le priorità di REPowerEU, gli Stati membri hanno la possibilità di rivedere i programmi di coesione relativi al periodo di programmazione 2021-2027, riassegnando fino al 7,5% dei fondi disponibili. Gli strumenti di finanziamento non mirano solo a garantire una riduzione delle emissioni di carbonio e una maggiore sicurezza energetica, ma anche a incentivare una crescita economica sostenibile e inclusiva.

Il piano non si limita agli interventi infrastrutturali e normativi, ma dà particolare rilievo alla formazione e allo sviluppo delle competenze, poiché una forza lavoro qualificata è indispensabile per garantire il successo della transizione energetica e il raggiungimento degli obiettivi climatici dell'UE. Questo perché uno dei principali ostacoli alla transizione energetica è proprio la carenza di competenze specifiche nel mercato del lavoro.

La Commissione europea, riconoscendo che il successo di REPowerEU dipende fortemente dalla disponibilità di una forza lavoro qualificata, ha stanziato risorse

significative per la formazione e la riqualificazione professionale, con un duplice obiettivo:

- **Creare nuove opportunità occupazionali**
- la transizione energetica richiede lo sviluppo di nuovi profili professionali, come tecnici specializzati nell'installazione di impianti fotovoltaici e turbine eoliche, esperti di gestione dell'efficienza energetica e professionisti del settore della mobilità elettrica;
- **Garantire l'aggiornamento delle competenze**
- la riconversione industriale e la digitalizzazione impongono l'aggiornamento continuo delle competenze dei lavoratori attivi, per mantenere alta la competitività delle imprese europee.

Il REPowerEU incoraggia gli Stati membri a integrare nei loro Piani di Ripresa e Resilienza (RRP) misure dedicate alla formazione nel settore energetico. Queste misure comprendono sia corsi educativi specializzati su energie rinnovabili, efficienza energetica e tecnologie sostenibili, in collaborazione con istituzioni accademiche e industrie, sia apprendistati e stage per creazione di opportunità pratiche per studenti e lavoratori, facilitando l'acquisizione di competenze direttamente sul campo. Tuttavia, come già accennato precedentemente, è fondamentale anche la riqualificazione professionale, che si attua non solo tramite la transizione professionale che prevede il supporto ai lavoratori provenienti da settori tradizionali, come l'industria dei combustibili fossili, nel passaggio a ruoli nel settore delle energie rinnovabili, ma anche con l'aggiornamento delle competenze offrendo corsi dedicati.

La Commissione europea promuove l'utilizzo di piattaforme digitali per ampliare l'accesso alla formazione. In questo contesto emerge l'e-learning, corsi online accessibili a un vasto pubblico, permettendo l'apprendimento flessibile e continuo, e le risorse educative aperte, ovvero la condivisione di materiali didattici gratuiti per facilitare l'autoapprendimento e l'aggiornamento professionale. Ad esempio vi sono iniziative come il portale europeo EU Skills Panorama, che offre corsi mirati a colmare lacune specifiche nel mercato del lavoro, e la piattaforma Skillnet Europe, focalizzata su moduli formativi nel settore delle energie rinnovabili.

Programmi europei di finanziamento per la formazione (Erasmus+, Horizon Europe)

L'evoluzione del mercato del lavoro e la crescente importanza della transizione verde e digitale hanno reso imprescindibile l'investimento in programmi di formazione e ricerca da parte dell'Unione Europea. Tra le principali iniziative volte a sostenere l'istruzione e lo sviluppo di competenze avanzate, Erasmus+ e Horizon Europe giocano un ruolo fondamentale, rispondendo non solo alla necessità di formare nuove generazioni di esperti, ma anche alla sfida di colmare il divario tra la domanda e l'offerta di competenze nei settori strategici.

Il programma Erasmus+ (2021-2027), con un budget di 26,2 miliardi di euro, si pone l'obiettivo di rafforzare la mobilità studentesca e professionale, la cooperazione istituzionale e lo sviluppo di competenze chiave. Questo finanziamento è pari a quasi il doppio rispetto alla programmazione precedente, evidenziando l'importanza attribuita dall'UE al potenziamento dell'istruzione e della formazione.

Il programma sostiene la mobilità individuale per apprendimento e offre opportunità di cooperazione tra organizzazioni ed istituzioni, oltre a supportare lo sviluppo e la cooperazione politica attraverso azioni specifiche, come le azioni Jean Monnet che promuovono l'insegnamento, l'apprendimento, la ricerca e i dibattiti sull'integrazione europea. Erasmus+ mira a promuovere l'inclusione sociale, la transizione ecologica e digitale e a rafforzare la partecipazione democratica e i valori comuni tra i giovani.

Tra i progetti più rilevanti finanziati da Erasmus+ si trova il progetto Green Skills 4 Hydrogen, che, come abbiamo già analizzato nel capitolo 1 attraverso il report sulla domanda attuale e futura di figure professionali per la filiera dell'idrogeno, mira a sviluppare competenze avanzate nell'economia dell'idrogeno. Attraverso la collaborazione con industrie, istituti di formazione e università, questo progetto identifica i bisogni formativi urgenti del settore e definisce i profili professionali richiesti per guidare la transizione energetica in Europa. Tra le attività chiave del progetto vi sono:

- La progettazione e l'implementazione di una strategia per le competenze nell'idrogeno, basandosi su studi di settore e feedback diretti dalle aziende, che sia in linea con i bisogni, presenti e futuri, della catena del valore dell'idrogeno;



- Lo sviluppo, la sperimentazione e la diffusione di programmi di istruzione e formazione professionale (VET) in tutta Europa, allineati alle più recenti esigenze del mercato, per potenziare le competenze dei lavoratori e dei professionisti tecnici, non limitandosi a corsi teorici ma includendo esperienze pratiche per acquisire competenze spendibili sul campo;
- La creazione di una Comunità Europea delle Competenze sull'Idrogeno, che mira a sviluppare una rete di esperti, ricercatori e professionisti che possa facilitare la condivisione di conoscenze e best practice;
- L'istituzione di un'Alleanza Europea per le Competenze sull'Idrogeno, una partnership duratura tra industria e istruzione.

Progetti come questo non solo rispondono a esigenze immediate del mercato, ma creano anche una base per l'innovazione sostenibile a lungo termine.

Horizon Europe, d'altra parte, è il programma-quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione, con un budget di circa 95,5 miliardi di euro per il periodo 2021-2027. Questo programma sostiene la ricerca e l'innovazione, ponendo particolare enfasi su tematiche come il clima, la salute, la digitalizzazione, l'industria e lo spazio. Horizon Europe mira a generare impatti scientifici, tecnologici, economici e sociali in Europa e non solo, promuovendo la collaborazione transnazionale tra industria e accademia.

Il programma si articola in tre pilastri e una parte trasversale. Il primo, "Eccellenza Scientifica", continua quanto tracciato da Horizon 2020 e ha l'obiettivo di promuovere la ricerca d'eccellenza, attirando in Europa i migliori talenti attraverso lo European Research Council (ERC). L'ERC finanzia progetti di ricerca innovativi e ad alto rischio, guidati da Principal Investigator (PI) con un background di eccellenza riconosciuto a livello internazionale. Il finanziamento viene assegnato esclusivamente sulla base del merito scientifico, senza vincoli tematici. Inoltre, Horizon Europe offre un supporto mirato ai giovani ricercatori all'inizio della loro carriera grazie alle Azioni Marie Skłodowska-Curie (MSCA), promuovono la mobilità internazionale come elemento chiave per la crescita professionale. Per arricchire non solo la propria carriera accademica, ma anche la loro ricerca, i ricercatori che ottengono il finanziamento devono trasferirsi in un altro Paese per acquisire nuove competenze e conoscenze. Altri due punti di forza delle MSCA sono l'incoraggiamento al passare tra diversi settori e discipline, favorendo un approccio interdisciplinare e intersettoriale, e l'approccio bottom-up, ovvero offrire finanziamenti a ricercatori in qualsiasi settore della ricerca e dell'innovazione, senza restrizioni tematiche.

Il secondo pilastro, "Sfide Globali e Competitività Industriale Europea", unisce e integra gli obiettivi dei precedenti pilastri di Horizon 2020 ("Leadership industriale e Sfide sociali").

È strutturato in 6 cluster intersettoriali:

-  **Salute;**
-  **Cultura, Creatività e Società Inclusiva;**
-  **Sicurezza Civile per la Società;**
-  **Digitale, Industria e Spazio;**
-  **Clima, Energia e Mobilità;**
-  **Alimentazione, Bioeconomia, Risorse Naturali, Agricoltura e Ambiente.**

Questo pilastro mira a rafforzare la competitività dell'industria europea, massimizzando l'impatto della ricerca e dell'innovazione nello sviluppo e nell'attuazione delle politiche dell'UE.

Il terzo pilastro, Innovative Europe, promuove tutte le forme di innovazione, includendo anche quella non tecnologica, per accelerare lo sviluppo tecnologico, la diffusione di conoscenze e soluzioni innovative. Questo pilastro prevede lo European Innovation Council (EIC), il cui obiettivo è sostenere in modo integrato e agile tutte le fasi dell'innovazione: dalla Ricerca e Sviluppo (R&D) sui fondamenti scientifici delle tecnologie, alla validazione e dimostrazione delle stesse. L'operato dell'EIC è finalizzato a colmare il divario tra innovazione e mercato, facilitando il passaggio dallo sviluppo alla fase di scale-up e favorendo l'ingresso delle nuove tecnologie nei mercati europei e internazionali.

La quarta componente, "Ampliare la partecipazione e rafforzare lo Spazio europeo della ricerca", ha l'obiettivo di aumentare il coinvolgimento dei Paesi con minori performance in ricerca e innovazione (Paesi Widening) nel programma, favorendo una maggiore inclusione. Un esempio è il bando Teaming for Excellence, pubblicato dalla Commissione europea il 3 dicembre 2024. Il bando mira a ridurre le disparità nella performance di ricerca e innovazione tra i Paesi europei, sostenendo la creazione o il potenziamento di Centri di Eccellenza nei Paesi con una minore intensità di ricerca tramite collaborazioni strategiche tra istituzioni scientifiche europee di alto livello e le principali organizzazioni beneficiarie nei Paesi target.

Inoltre, sostiene le riforme delle politiche nazionali per potenziare la cooperazione scientifica e consolidare lo Spazio europeo della ricerca.

Il 17 gennaio 2024, la *Clean Hydrogen Partnership* ha lanciato un bando per progetti di ricerca e innovazione nel settore dell'idrogeno pulito, mettendo a disposizione un finanziamento complessivo di 113,5 milioni di euro attraverso il programma *Horizon Europe*.

In particolare, sono state accettate 19 proposte:

- 5 proposte in ambito di produzione di idrogeno verde per un totale di 25 milioni di euro;
- 4 proposte per lo stoccaggio e la distribuzione di idrogeno, per un massimo di 27 milioni di euro, budget che era stato deciso per coprire 5 proposte, ma ne sono state accettate solo 4;
- 4 proposte per applicazioni nei trasporti con un ammontare di 19 milioni di euro;
- 2 proposte in ambito di energia e riscaldamento per una totale di 9 milioni di euro;
- 2 proposte per attività trasversali con un budget di 4,5 milioni di euro;
- 2 proposte per le Hydrogen Valleys per un totale di 29 milioni di euro.

Nel gennaio 2025, la *Clean Hydrogen Partnership* ha lanciato un nuovo bando per progetti, mettendo a disposizione un budget di **184,5 milioni di euro** per sostenere la creazione di tecnologie all'avanguardia nel campo dell'idrogeno. Questo bando copre attività di ricerca e innovazione lungo l'intera catena del valore dell'idrogeno, inclusa la produzione, lo stoccaggio, la distribuzione e le applicazioni nei trasporti e nell'energia.

Tra le altre iniziative di rilievo spicca il **bando Horizon 2025** promosso dalla Clean Hydrogen Partnership, una partnership pubblico-privata istituita nell'ambito del programma europeo Horizon Europe. Questa iniziativa rappresenta uno dei principali strumenti attraverso cui l'Unione Europea sostiene la **ricerca avanzata** e l'**innovazione tecnologica** nel campo dell'idrogeno pulito. Il bando si rivolge a consorzi composti da soggetti pubblici e privati, operanti in ambito accademico, industriale e di ricerca applicata. È richiesto che almeno uno dei partner appartenga a una delle due organizzazioni di riferimento: **Hydrogen Europe oppure Hydrogen Europe Research**. Tuttavia, la partecipazione è aperta anche a soggetti di Paesi terzi, a condizione che abbiano accesso a fondi nazionali o garantiscano un cofinanziamento adeguato. Questo bando, che può prevedere un contributo massimo fino a **6 milioni di euro per progetto**, è concepito per sostenere progetti altamente innovativi in grado di contribuire concretamente alla costruzione di un sistema energetico europeo più sostenibile, sicuro e integrato. Si tratta di un'opportunità straordinaria per chiunque operi nel settore dell'idrogeno e voglia sviluppare tecnologie nuove o migliorare quelle esistenti, portandole verso la fase di applicazione reale sul mercato.

Parallelamente, anche il **Fondo per l'Innovazione** – uno dei più grandi programmi europei di finanziamento per la dimostrazione di tecnologie a basse emissioni di carbonio – lancia nel 2025 un'iniziativa molto attesa: la **IF24 Auction**, ovvero un meccanismo competitivo basato su un sistema di asta. L'obiettivo è quello di incentivare la produzione e l'utilizzo di idrogeno rinnovabile, noto anche come **RFNBO (Renewable Fuels of Non-Biological Origin)**. Questo strumento, che mette a disposizione **1,2 miliardi di euro**, è pensato per colmare il divario di costo ancora esistente tra l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili e quello ottenuto da combustibili fossili, rendendo quindi più accessibile e conveniente la transizione verso una produzione pulita.

L'asta si pone inoltre l'obiettivo di facilitare il dialogo tra domanda e offerta di idrogeno a livello europeo, accelerare l'implementazione di progetti industriali su larga scala, semplificare l'accesso ai finanziamenti e promuovere l'uso di capitale privato per stimolare la competitività del settore.

Anche a livello nazionale, l'Italia si muove con decisione per rafforzare il proprio ruolo nella transizione energetica. Il **Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE)** ha infatti lanciato un bando specifico per sostenere **la ricerca, lo sviluppo e l'innovazione** nelle filiere dell'energia rinnovabile e, in particolare, dell'idrogeno verde. Con una dotazione finanziaria di **21 milioni di euro**, il bando si concentra su progetti di estrazione mineraria, *urban mining*, *eco-design* e processi di raffinazione e trasformazione, tutti ambiti considerati strategici per la costruzione di un'economia circolare e a basse emissioni.

Le modalità di partecipazione prevedono la costituzione di **consorzi**, formati da almeno un'impresa capofila e da uno o più partner, che possono essere altre imprese oppure enti di ricerca pubblici o privati. I contributi concessi variano in base alla tipologia di attività proposta: fino al **50%** per la ricerca industriale, fino al **25%** per lo sviluppo sperimentale e fino al **50%** per gli studi di fattibilità tecnica. Si tratta quindi di una misura particolarmente interessante anche per PMI e startup che vogliono entrare o rafforzare la propria presenza nel settore dell'idrogeno.

Infine, è importante sottolineare anche le **opportunità a livello regionale**, come dimostra il caso del **Friuli-Venezia Giulia**, che si prepara a pubblicare nella prima metà del 2025 un bando specificamente dedicato alla **produzione di idrogeno verde da fonti rinnovabili**. Con una dotazione complessiva prevista di **15 milioni di euro** – derivanti da risorse statali e regionali – il bando finanzierà progetti che prevedono **l'installazione di elettrolizzatori abbinati a impianti di produzione rinnovabile** (come fotovoltaico o eolico), accompagnati da una componente di **ricerca e sviluppo tecnologico**. Questa misura, attesa entro il primo semestre del 2025, ha già suscitato grande interesse sul territorio, come dimostrano le 13 manifestazioni d'interesse ricevute, **per un valore complessivo di oltre 130 milioni di euro**.

Lanciato nel luglio 2020, il Next Generation EU rappresenta una delle risposte più ambiziose della storia dell'UE a una crisi globale, con l'obiettivo di promuovere una ripresa economica forte e resiliente, aiutando i paesi membri a rafforzare le loro economie e a rispondere alle sfide globali, come il cambiamento climatico e la digitalizzazione. Grazie ai fondi del suddetto strumento finanziario, è possibile finanziare le singole missioni del PNRR.

Il NextGenerationEU ha come obiettivo principale quello di stimolare la ripresa economica, favorire la creazione di posti di lavoro e rendere le economie più verdi, digitali e resilienti.

Il piano si basa su quattro pilastri chiave:

→ **Sostenibilità**

Supportare la transizione verde con investimenti in energie rinnovabili, mobilità sostenibile e in altre tecnologie per combattere i cambiamenti climatici.

→ **Digitalizzazione**

Promuovere l'adozione delle tecnologie digitali in vari settori, migliorare la connettività e investire in competenze digitali per cittadini e imprese.

→ **Coesione Sociale e Territoriale**

Ridurre le disparità economiche e sociali tra i vari paesi e regioni europee e supportare la resilienza dei sistemi sanitari e sociali.

→ **Ripresa economica e occupazione**

Stimolare la crescita economica, creare nuovi posti di lavoro e supportare le PMI.

Il piano ha un valore complessivo di 750 miliardi di euro, che verranno raccolti tramite l'emissione di obbligazioni sul mercato finanziario. Questi fondi sono destinati a sostenere le economie dei paesi membri, con risorse suddivise tra diverse componenti:

- **Recovery and Resilience Facility (RRF):** La parte principale del piano, con circa 672,5 miliardi di euro, è destinata ad aiutare i paesi a finanziare i loro piani di ripresa e resilienza, presentati e approvati dalla Commissione Europea.
- **Programmi complementari:** Il restante ammontare del piano è destinato ad altre iniziative, come InvestEU, il Fondo per una transizione giusta, il programma Horizon Europe per la ricerca e l'innovazione, e il programma per la salute EU4Health.

I finanziamenti vengono erogati sotto forma di sovvenzioni (che non devono essere restituite) e prestiti a basso interesse (che devono essere restituiti nel lungo termine).

Tuttavia, l'erogazione di tali fondi è subordinata alla realizzazione di progetti concreti che rispondano agli obiettivi di NextGenerationEU e che siano monitorati dalla Commissione europea.

Ogni Stato membro è responsabile della preparazione di un Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, che deve essere approvato dalla Commissione europea. Questi piani devono essere coerenti con le priorità politiche dell'Unione Europea, come la transizione verde, la digitalizzazione e la promozione della coesione sociale ed economica. Una volta approvato, il piano permette a ogni Stato membro di accedere ai finanziamenti, che vengono erogati in base al raggiungimento di specifici obiettivi. La Commissione europea valuta regolarmente i progressi compiuti dai paesi, per garantire che i fondi siano utilizzati in modo efficace e che i risultati attesi siano raggiunti.

Il piano NextGenerationEU ha avuto un impatto significativo sui paesi membri, poiché ha permesso a molti Stati di accedere a risorse finanziarie che altrimenti non sarebbero state disponibili. In particolare, ha offerto ai paesi più colpiti dalla pandemia, come Italia e Spagna, la possibilità di finanziare progetti cruciali per la ripresa economica. Tuttavia, l'utilizzo dei fondi richiede una forte cooperazione tra i governi nazionali e le istituzioni europee, nonché un monitoraggio costante per garantire che i progetti siano in linea con gli obiettivi dell'UE.

Il piano rappresenta una novità per l'UE, in quanto per la prima volta l'Unione ha preso in prestito denaro sui mercati finanziari a nome di tutti i suoi membri. Questa azione ha anche rafforzato la solidarietà tra i paesi dell'UE, poiché tutti contribuiscono al rimborso del debito, ma ciascuno beneficia delle risorse in base alle proprie necessità e priorità.

Nonostante l'entusiasmo per NextGenerationEU, il piano ha incontrato anche alcune critiche e sfide. Tra i principali problemi, si segnala la difficoltà per alcuni Stati membri di rispettare i requisiti di accesso ai fondi, come la condizione di realizzare riforme strutturali in ambito fiscale, del mercato del lavoro e della giustizia. Inoltre, alcuni osservatori temono che la distribuzione dei fondi possa non essere completamente equa, con alcuni paesi che ricevono più risorse di altri a causa delle loro necessità economiche più gravi.

Un'altra criticità riguarda l'efficacia a lungo termine delle misure finanziate. Mentre i fondi sono destinati a stimolare la ripresa nel breve termine, la vera sfida sarà garantire che gli investimenti generino un impatto sostenibile nel lungo periodo, evitando sprechi e assicurando che i fondi siano destinati a progetti realmente capaci di promuovere una crescita inclusiva e sostenibile.

Inoltre, si insiste sulla natura della misura finanziaria in oggetto: si tratta infatti di un piano di tipo emergenziale o "spot". Non si tratta dunque di un investimento programmatico su alcune dimensioni delle società e dell'economia. **Il Next Generation EU appare dunque**

più come uno strumento reattivo che proattivo o con un certo grado di programmazione.

Infine, **il programma InvestEU sostiene gli investimenti sostenibili, l'innovazione e la creazione di posti di lavoro in Europa.** Grazie alla garanzia del bilancio dell'UE fornita alle banche di promozione internazionali e nazionali, InvestEU mira a mobilitare oltre 372 miliardi di euro di investimenti privati nelle aree di maggiore priorità politica dell'UE. L'iniziativa è fondamentale per garantire finanziamenti a lungo termine, combinando fondi pubblici e privati a sostegno della ripresa sostenibile dell'Europa.

Il programma si concentra su aree strategiche come la transizione ecologica e digitale, l'innovazione e gli investimenti sociali e in competenze. Inoltre, supporta anche il piano REPowerEU. InvestEU riunisce diversi strumenti finanziari dell'UE, semplificando e rendendo più efficiente l'accesso ai finanziamenti per progetti e imprese europee.

Il programma si articola in 3 componenti principali: il Fondo InvestEU, il Centro di consulenza InvestEU e il Portale InvestEU. Il Fondo InvestEU, tramite i partner finanziari, investe in progetti beneficiando della garanzia del bilancio UE, che supporta gli investimenti e aumenta la capacità di rischio dei partner, permettendo di mobilitare almeno 372 miliardi di euro in investimenti aggiuntivi.

I **benefici** principali di **InvestEU** includono il **sostegno alle priorità politiche dell'UE**, come la crescita verde, **l'occupazione e il benessere sociale, e un accesso semplificato ai finanziamenti europei.** Inoltre, InvestEU stimola l'ingresso di altri investitori privati o pubblici, aumentando l'efficacia dei fondi pubblici e migliorando l'ambiente di investimento in Europa.

Strategie dei principali paesi europei per lo sviluppo di competenze nell'H2: Formazione, Ricerca e Innovazione per la Transizione Energetica

L'accelerazione della transizione energetica ha spinto molti paesi europei a sviluppare strategie nazionali dedicate all'idrogeno, con l'obiettivo di ridurre la dipendenza dai combustibili fossili e raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione. Tuttavia, per supportare la crescita di questo settore, è fondamentale investire nella formazione di manodopera qualificata, aggiornare i programmi educativi e riqualificare i lavoratori provenienti da altri comparti dell'energia.

A livello europeo, gli Stati membri stanno integrando nei rispettivi Piani Nazionali di Ripresa e Resilienza (PNRR) specifiche misure legate al programma REPowerEU, destinate allo sviluppo di competenze nel settore delle energie rinnovabili e delle tecnologie verdi. In questo contesto, diversi paesi hanno avviato iniziative mirate per la

formazione professionale e l'aggiornamento delle competenze nel settore dell'idrogeno.

L'Unione Europea, insieme ad alcuni Paesi chiave come il Regno Unito, si sta dotando di un ecosistema formativo e di ricerca sempre più robusto, dinamico e orientato al futuro. Il nuovo report del European Hydrogen Observatory delinea il panorama di formazione, materiali educativi, pubblicazioni scientifiche e brevetti sviluppati in Europa sull'idrogeno. Al giugno 2024, il database europeo contava **253 programmi di formazione** relativi all'idrogeno. Di questi, **oltre il 50%** è rappresentato da corsi di livello **Master**, seguiti da **formazione professionale** (33%). I restanti includono corsi di laurea triennale, formazione professionale VET e summer school.

Oltre ai corsi strutturati, l'Europa sta investendo anche nella condivisione di materiali formativi. Il report registra **237 materiali educativi accessibili online**, suddivisi in slide, video, esperimenti, giochi e studi di caso. L'inglese è la lingua dominante, usata nell'84% dei contenuti. La maggiore concentrazione di questi materiali si rivolge a livelli ISCED 6 e 7 (laurea e master), segno che l'attenzione è rivolta a formare competenze altamente specialistiche. I temi principali sono: **applicazioni dell'idrogeno nei trasporti, produzione di idrogeno verde, sicurezza, normative, e valutazioni tecnico-economiche**.

I Paesi con una maggiore produzione di questi contenuti sono Francia, Regno Unito e Germania, spesso nell'ambito di progetti europei come HySchool, HyResponder o Clean Hydrogen Partnership.

Sul fronte della ricerca, **dal 2006 al 2024**, in Europa sono stati pubblicati oltre 20.500 articoli scientifici sull'idrogeno, pari al 23% della produzione mondiale. Tra i grandi temi trattati: celle a combustibile, produzione di idrogeno e sistemi di stoccaggio.

Sebbene le pubblicazioni siano in aumento, l'Europa detiene solo l'8% dei brevetti mondiali sull'idrogeno (1.052 su oltre 12.000). Questo potrebbe indicare un gap tra ricerca e applicazione industriale, che va colmato per rafforzare la competitività del continente.

Pertanto, si osserva un aumento dei brevetti legati alla **produzione di idrogeno tramite elettrolisi**, un chiaro segnale della volontà di puntare sull'idrogeno verde come cardine della neutralità climatica.

Italia

L'Italia ha delineato il proprio impegno nella transizione energetica attraverso la strategia nazionale sull'idrogeno, presentata lo scorso 26 novembre 2024. Un elemento chiave di questa strategia è il Corridoio meridionale dell'idrogeno (SouthH2), che coinvolge Italia, Austria, Germania e i paesi del Nord Africa come la Tunisia e l'Algeria. Per favorire la formazione di professionisti nel settore, nell'ambito della Missione 7 del PNRR, sono stati stanziati 100 milioni di euro al Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali.

Questo finanziamento sostiene strategie volte a sviluppare competenze green nel settore pubblico e privato, attraverso il "Piano Nuove Competenze-Transizioni", in sinergia con il Programma GOL (Garanzia di Occupabilità dei Lavoratori), per ridurre il divario tra domanda e offerta di competenze. Il piano mira a contrastare il disallineamento delle competenze nel mercato del lavoro, anche detto *skill mismatch*, promuovendo la formazione in chiave digitale e green, basandosi sulla valorizzazione di esperienze *work based learning*.

Dal punto di vista dei programmi di formazione per **l'Italia**, il report del European Hydrogen Observatory ha individuato **17 corsi** universitari: nel nostro Paese, le università stanno introducendo corsi su produzione e stoccaggio dell'idrogeno, in particolare nelle regioni settentrionali, dove si concentra l'industria manifatturiera e meccanica.

Se guardiamo ai dati sulla produzione scientifica, con **2.620 articoli** l'Italia si posiziona al secondo posto tra i Paesi considerati dall'*Observatory*. La ricerca italiana mostra una **crescente attenzione verso la produzione di idrogeno** tramite tecnologie pulite, l'integrazione nelle reti energetiche e le valutazioni ambientali.

Germania

La Germania ha delineato una strategia ambiziosa per diventare un leader globale nella produzione e nell'uso dell'idrogeno verde entro il 2030, come parte integrante del suo piano per raggiungere la neutralità carbonica entro il 2045. La realizzazione di questo obiettivo richiede un rafforzamento significativo dell'infrastruttura dedicata alla produzione, trasmissione e distribuzione dell'idrogeno, accompagnato da un'intensa attività di ricerca e sviluppo. In questo contesto, la formazione professionale gioca un ruolo cruciale, poiché il settore dell'idrogeno, fortemente tecnologico, necessita di figure altamente qualificate per gestire, sviluppare e mantenere le nuove tecnologie emergenti.

Il governo tedesco ha riconosciuto l'importanza di sviluppare competenze avanzate per affrontare le sfide future del settore, ed è per questo che sta investendo risorse considerevoli nella formazione di ingegneri, tecnici e operai specializzati. L'industria dell'idrogeno richiede professionisti in grado di lavorare su impianti di elettrolisi, infrastrutture di trasmissione e distribuzione, e applicazioni industriali. La Germania sta quindi attuando programmi di formazione professionale incentrati sulle energie rinnovabili e sull'efficienza energetica, in collaborazione con università, istituti di ricerca e imprese private.

La Germania, con **19 programmi**, si conferma un hub strategico anche nella formazione. I corsi tedeschi si distinguono per l'approfondimento tecnico e per la connessione diretta con l'industria, grazie alla forte presenza di aziende del settore energetico e automobilistico. I programmi spesso integrano esperienze pratiche, simulazioni industriali e tirocini.

Un esempio di questo impegno è l'iniziativa AusbildungPlus, un progetto dell'Istituto Federale per l'Istruzione e la Formazione Professionale (BIBB) che ha lo scopo di ampliare l'accesso alla formazione specialistica nel settore dell'energia. Questo programma, finanziato dal Ministero Federale dell'Istruzione e della Ricerca (BMBF), ha tre principali funzioni:

1. Servizio di informazione: promuove la trasparenza sulle offerte di formazione, incluse qualifiche supplementari e corsi di studio duali, per incoraggiare la collaborazione tra le imprese e gli enti di formazione.
2. Interfaccia di comunicazione: integra un portale informativo nei programmi di formazione del BIBB, per rispondere alle esigenze degli utenti.
3. Ricerca e sviluppo: analizza i contenuti del database per esplorare nuove opportunità di qualificazione e migliorare l'accessibilità al settore.

AusbildungPlus gestisce uno dei più ampi database di formazione in Germania, che comprende oltre 44.000 offerte formative, 2.300 qualifiche aggiuntive e 900 corsi di studio duali. Il portale è accessibile gratuitamente a tirocinanti, giovani professionisti, aziende, enti di formazione e istituzioni educative. Inoltre, fornisce informazioni e risorse utili per chi desidera orientarsi nel mondo della formazione professionale e nella scelta del percorso di carriera.

Un altro esempio significativo di iniziativa formativa è rappresentato dalla Renewables Academy (RENAC), con sede a Berlino. RENAC è uno dei principali fornitori internazionali di formazione nell'ambito delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica. Fondata nel 2008, ha formato oltre 33.000 partecipanti provenienti da più di 170 paesi. Tra i suoi programmi, RENAC offre corsi specifici sull'idrogeno, come il programma Green Hydrogen and Power-to-X, che fornisce una panoramica completa delle tecnologie dell'idrogeno verde. Il corso copre aspetti cruciali della produzione, stoccaggio, distribuzione e utilizzo finale dell'idrogeno, con applicazioni in settori come i trasporti, l'industria e la generazione di energia.

Questi programmi educativi, che abbracciano sia la formazione iniziale (IVET) che quella continua (CVET), sono progettati per preparare la forza lavoro alle esigenze di un settore in continua evoluzione. La Germania ha inoltre sviluppato piani formativi mirati per i professionisti del settore logistico, che sono essenziali per garantire l'efficiente distribuzione dell'idrogeno e delle sue applicazioni.

Un altro dato significativo sono le pubblicazioni in materia di idrogeno: con 3.971 pubblicazioni, la Germania è il primo Paese europeo per produzione scientifica. Le aree più prolifiche sono le celle a combustibile e l'elettrolisi. L'importanza del settore automobilistico tedesco ha probabilmente incentivato la ricerca sulle celle a combustibile per applicazioni nei trasporti. Inoltre, la Germania è in testa anche per numero di brevetti, se ne contano 416 (la maggior parte riguarda le celle a combustibile PEM, integrate nel

settore automobilistico e manifatturiero).

Francia

Secondo il report dell'Osservatorio Europeo sull'Idrogeno (EHO) del 2024, la Francia si conferma come uno dei paesi principali in Europa per la formazione nel settore dell'idrogeno, ospitando il 37% dei programmi di formazione sull'idrogeno. Questo dato evidenzia l'impegno della Francia nel preparare una forza lavoro altamente qualificata per supportare la transizione energetica. Insieme a Spagna e Regno Unito, la Francia è al centro di una forte spinta verso l'educazione e la ricerca in questo ambito, e i programmi di formazione sono distribuiti in modo significativo in tutta la nazione. Questo impegno formativo è un pilastro fondamentale della strategia energetica della Francia, che mira a diventare un leader globale nell'uso dell'idrogeno verde.

La strategia nazionale della Francia per l'idrogeno decarbonizzato si articola in 3 obiettivi principali:

1. **Installare un numero sufficiente di elettrolizzatori** per contribuire significativamente alla decarbonizzazione dell'economia;
2. **Sviluppare la mobilità pulita**, in particolare per i veicoli pesanti;
3. **Costruire un settore industriale nazionale** che generi posti di lavoro e assicuri la padronanza tecnologica nell'ambito dell'idrogeno.

Questi obiettivi sono accompagnati da azioni concrete che mirano a promuovere la formazione di competenze altamente specializzate per affrontare le sfide future del settore.

Per quanto riguarda la produzione, la Francia ha fissato un obiettivo chiave di 6,5 GW di capacità di elettrolisi entro il 2030. Per raggiungere tale traguardo, il Paese sta sviluppando strumenti e progetti ad alta capacità, mirando a stimolare la domanda di idrogeno e ad accrescere la redditività del settore. Un aspetto cruciale per il successo di questa transizione è il sostegno alla ricerca, all'innovazione e alla formazione professionale. Il governo francese ha riconosciuto che per mantenere la leadership nel settore, è essenziale investire in ricerca e sviluppo, in particolare per l'industrializzazione delle nuove tecnologie legate all'idrogeno. A questo scopo, saranno istituiti campus e programmi educativi specifici sull'ingegneria dell'idrogeno, rivolti tanto a scuole e università quanto a imprese del settore.

In questo contesto, la formazione professionale gioca un ruolo fondamentale. Il governo francese intende sviluppare nuovi programmi di studio, non solo a livello accademico ma anche per la formazione continua nelle aziende. Saranno promossi corsi che coprono l'intero ciclo di vita dell'idrogeno, dalla produzione alla distribuzione, fino all'utilizzo finale in vari settori, come la mobilità e l'industria. Un aspetto strategico riguarda in particolare la formazione per la mobilità pesante a idrogeno, che include veicoli commerciali leggeri,

autobus, camion per la raccolta dei rifiuti e treni regionali. La Francia ha individuato nel settore della mobilità pesante una delle priorità per l'uso dell'idrogeno, e per questo si prevedono investimenti per formare professionisti specializzati nella produzione, manutenzione e gestione delle flotte di veicoli a idrogeno.

La Francia ha accelerato il suo piano di ripresa con un investimento di 30 miliardi di euro. I 3 temi principali del piano sono ecologia, competitività e coesione. In quest'ultimo si pone la necessità di una forza lavoro formata entro il 2030, attraverso il programma France Relance, che stanziava 36 miliardi di fondi per la formazione nel settore energetico, con l'obiettivo di riqualificare i lavoratori e promuovere l'occupazione nelle industrie verdi. La strategia si basa su:

- **Rafforzamento delle competenze e la trasformazione della formazione professionale**, per diventare leader nell'innovazione educativa e ottenere 400.000 lavoratori formati;
- **Formazione dei giovani nei settori strategici ed alta crescita**: per affrontare l'aumento previsto dei giovani in cerca di lavoro, sono stati stanziati 1,6 miliardi di euro con il fine di aumentare il numero di corsi di formazione certificati (destinati ai giovani che entrano nel mercato del lavoro a partire da settembre 2020).

Dal punto di vista della formazione, la Francia si distingue come il Paese con il maggior numero di corsi sull'idrogeno in Europa: 93 programmi, che equivalgono al 37% del totale europeo. Questo dato riflette la forte spinta francese verso la transizione energetica e la decarbonizzazione dell'industria, in particolare nel settore della mobilità e della produzione di idrogeno verde. Le università francesi, spesso in collaborazione con centri di ricerca come il CEA, offrono percorsi altamente specializzati e spesso bilingue, rendendo l'offerta formativa accessibile anche a studenti internazionali.

Oltre alla creazione di nuovi percorsi di formazione, la Francia punta sulla creazione di hub territoriali dell'idrogeno, aree dove domanda e offerta di idrogeno si incontrano, promuovendo sinergie tra i settori industriali e della mobilità. Questi hub serviranno anche come centri di sviluppo per le competenze legate all'idrogeno, fungendo da veri e propri poli di innovazione e formazione.

Spagna

La Spagna è uno dei paesi europei che si impegna nella formazione professionale per lo sviluppo di competenze sull'idrogeno. Tra le iniziative inserite come training programme dal European Hydrogen Observatory vi è il corso Hydrogen technologies, un percorso di formazione professionale organizzato dalla società Ingeoexpert, un centro di formazione online che si occupa di corsi specialistici di Ingegneria Civile, Geologia e Scienze ambientali, in collaborazione con CNH2 (Centro Nacional de Hidrógeno). Il corso, strutturato in due mesi, è indirizzato ai professionisti del settore dell'energia interessati ad ampliare la loro conoscenza nel settore energetico nel campo delle tecnologie dell'idrogeno o lo sviluppo di attività collegate di R&D&I.

Un altro training programme di rilievo è il percorso formativo professionalizzante Green hydrogen production by ELEctrolysis (HELEC), costituito dallo sforzo congiunto di vari istituti: Institut Comte de Rius, Centro Formación Somorrostro, Institut Escola del Treball, Centro Público Integrado de Formación Profesional Pirámide. Il corso si focalizza sulla produzione, lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione di H₂, e la sua durata varia da uno a due anni.

Insieme alla formazione per i professionisti del settore, vi sono programmi orientati a istruire gli studenti universitari, come il CLEAN ENERGY: PART I: Photovoltaic Solar Energy, PART II: Towards the implementation of Hydrogen technologies, una summer school della Universidad Politécnica de Madrid per gli studenti di ingegneria. Lo scopo del programma è l'approfondimento sullo sviluppo dell'intera catena del valore dell'economia dell'idrogeno, dalla produzione fino ai settori di utilizzo finale, analizzando le diverse alternative per la produzione di idrogeno, con particolare attenzione alla decarbonizzazione, nonché le tecnologie di stoccaggio e trasporto e le possibili applicazioni dell'idrogeno nei vari settori industriali.

In generale, per quanto riguarda l'offerta formativa, sono 38 i programmi identificati a giugno 2024, con corsi che spaziano dalla formazione tecnica agli studi ambientali applicati all'idrogeno. Particolare attenzione è rivolta alle applicazioni nei trasporti e all'utilizzo dell'idrogeno nell'industria pesante, settori cruciali per un Paese che punta a ridurre le emissioni mantenendo una forte base manifatturiera. Un trend positivo si registra anche nella produzione scientifica, che si focalizza sull'utilizzo dell'idrogeno nell'industria e nei trasporti pubblici.

Paesi Bassi

Anche i Paesi Bassi hanno dei programmi inseriti all'interno della European Hydrogen Observatory, fra i quali risulta il Hydrogen and the Natural Gas Network, programma di formazione organizzato da Kiwa, società che offre servizi di consulenza, formazione, testing e certificazione, approvato dall'Institution of Gas Engineers and Managers (IGEM). È un corso ideato per professionisti che lavorano nei settori della fornitura di gas, al fine di acquisire consapevolezza, conoscenze e riferimenti sui temi chiave legati alla transizione all'idrogeno, in relazione alla rete del gas esistente.

Nell'ambito della formazione professionale troviamo il corso Practical Hydrogen in Industry promosso dal Drenthe College, sulla produzione, usi e trasporto dell'idrogeno. Questo percorso è un practoraat, un'unità di ricerca all'interno dell'istituto di istruzione e formazione professionale (MBO), che si concentra su ricerca pratica e innovazione, collegando il mondo accademico e il settore industriale. In Olanda, il practorado dedicato

a questo argomento è un'iniziativa unica, che mira a sviluppare competenze specialistiche per supportare l'industria nella transizione verso l'idrogeno.

Un altro importante piano di formazione è l'Energy Academy Certificate, Micro MBA, organizzato dalla New Energy Academy, parte della New Energy Coalition, un gruppo di istituzioni di ricerca e istruzione, nonché di organizzazioni pubbliche e private, che svolgono un ruolo chiave nella transizione energetica. Il progetto prevede diversi programmi con focus sull'H2, riguardanti elettrochimica di base, produzione di H2, stoccaggio, trasporto e distribuzione, utilizzi finali (trasporti, industria, edifici, energia), sicurezza, regolamenti, eco-design, riciclo, valutazione tecnico-economica.

Per quanto riguarda l'offerta formativa, i Paesi Bassi puntano su programmi multidisciplinari e sulla sostenibilità dell'intero ciclo di vita dell'idrogeno, grazie anche all'approccio pragmatico delle loro istituzioni accademiche. Mostrano un trend in crescita anche con riferimento alla produzione scientifica, dove si distinguono per un approccio sistemico e per l'integrazione dell'idrogeno con le infrastrutture portuali e logistiche.

Paese	Programmi formativi	Pubblicazioni scientifiche	Brevetti registrati
Francia	93	2530	193
Germania	19	3971	416
Spagna	38	1759	26
Italia	17	2620	57
Paesi bassi	16	547	26

PROPOSTE DI POLICY

Interventi strategici per lo sviluppo della formazione nel settore dell'idrogeno in Italia

Alla luce delle analisi riportate circa le prospettive di crescita della filiera dell'idrogeno in Italia e in coerenza con le priorità delineate nella Strategia Nazionale Idrogeno, si propone un piano di azione volto a colmare i gap attuali e a valorizzare appieno le opportunità di sviluppo economico, occupazionale e tecnologico offerto dal settore. Tali misure si articolano lungo quattro assi strategici principali:

1 Sviluppo di un sistema formativo nazionale strutturato e allineato agli standard europei

A differenza di altri Paesi europei, la formazione nel settore dell'idrogeno in Italia si presenta ancora frammentata e poco coordinata. A fronte della crescente domanda di profili specializzati, non esiste una filiera educativa che vada dalle scuole secondarie tecniche fino alle università e ai percorsi post-laurea, in grado di garantire continuità, verticalità e coerenza. I corsi attualmente esistenti sono spesso inseriti all'interno di programmi generici sulle energie rinnovabili, non adeguati alle esigenze di una filiera tecnologica ad alta specializzazione.

Il confronto con gli altri Paesi europei evidenzia una marcata differenza. In Germania, ad esempio, sono attivi 19 programmi formativi sull'idrogeno di vario genere, sviluppati in collaborazione con il tessuto industriale e con i centri di ricerca, che coprono l'intero ciclo formativo. Allo stesso modo, la Spagna, ha già attivato 38 corsi specifici sull'idrogeno, dimostrando un chiaro orientamento strategico per lo sviluppo di una base occupazionale qualificata. La Francia si sta distinguendo per l'approccio lungimirante nell'analisi dei bisogni del settore e per l'impegno proattivo nell'ampliamento dell'offerta formativa legata all'idrogeno. In particolare, il Paese ha individuato nella mobilità — sia leggera che pesante — l'ambito prioritario su cui focalizzare la formazione specialistica. A conferma di questo orientamento strategico, la Francia detiene il primato in Europa per numero di corsi dedicati all'idrogeno, con ben 93 programmi attivati a livello nazionale.

In Italia, al contrario, l'assenza di un piano nazionale per le competenze sull'idrogeno genera discontinuità e inefficienze, nonostante il settore necessiti di persone formate, sia nel presente che nel futuro. Una lacuna che rischia di compromettere la competitività del nostro Paese proprio nel momento in cui il settore sta entrando in una fase espansiva. Infatti, l'impatto economico del settore dell'idrogeno è destinato a crescere. Si stima che l'idrogeno verde

contribuirà per 1,5 miliardi di euro al PIL italiano nel 2030, arrivando a oltre 5,6 miliardi nel 2040.

Alla luce di questi elementi, si ritiene essenziale avviare anche in Italia un percorso strutturato e coordinato, attraverso **la definizione di un Piano nazionale per le competenze sull'idrogeno**. È necessario promuovere percorsi formativi dedicati, dal livello tecnico a quello universitario e post-universitario, con un forte coinvolgimento del mondo produttivo. L'obiettivo è quello di formare una nuova generazione di professionisti, capaci di coprire tutte le fasi della catena del valore dell'idrogeno, dalla progettazione alla produzione, dalla gestione alla sicurezza, fino all'utilizzo finale.

2 Sviluppo di competenze verticali e trasversali per la filiera dell'idrogeno

La crescita del settore non potrà prescindere dal rafforzamento di competenze tecnico-scientifiche altamente specializzate. A oggi, in Italia, si rileva una scarsissima disponibilità di percorsi focalizzati su temi come la progettazione e gestione degli elettrolizzatori.

Un'iniziativa degna di nota è il **progetto europeo H2EXCELLENCE**, lanciato nel giugno 2023, finanziato dal programma Erasmus Plus, che mira a colmare il divario di competenze nel settore dell'idrogeno verde e delle celle a combustibile. Il progetto, che vede il coinvolgimento di 23 partner europei (tra cui l'Italia) e del Canada, si propone di implementare su una piattaforma collaborativa un'offerta di apprendimento permanente e di programmi di studio transnazionali anche attraverso la creazione di Centri di Eccellenze (CoVE), in maniera da dar vita ad un network capace di venire incontro agli skill gaps nel settore industriale. L'intento è quello di favorire la formazione di adeguati profili professionali che possano contribuire al raggiungimento degli obiettivi di transizione energetica stabiliti nel Green Deal europeo.

In Italia, nell'ambito del progetto, ENEA sta portando avanti iniziative volte a fornire formazione e supporto tecnico per le PMI nelle tecnologie dell'idrogeno verde, attraverso workshop dedicati e corsi online gratuiti. È stato inoltre avviato un centro di Eccellenza, in collaborazione con l'Università di Perugia. Tuttavia l'iniziativa da sola non risulta sufficiente a far fronte alla richiesta di competenze del settore. **Corsi di formazione con focus esclusivo sul settore dell'idrogeno** risponderebbero alla domanda di lavoratori già pronti ad affrontare le sfide che offre un'industria in forte crescita. Inoltre, anche il paragone con altri settori restituisce un'ulteriore motivazione per incrementare l'offerta formativa in questo ambito. Nonostante in Italia le centrali nucleari siano inattive da oltre

esistono ancora corsi di laurea e percorsi accademici specifici dedicati all'energia nucleare (PoliTo e PoliMi su tutti, a testimonianza del valore strategico attribuito alla formazione in settori tecnologicamente rilevanti, anche se momentaneamente non operativi).

Alla luce di ciò, **risulta ancor più urgente e coerente con questa visione strategica investire in maniera decisa nella formazione sull'idrogeno**. Si propone quindi l'istituzione di **percorsi universitari e tecnici dedicati esclusivamente all'idrogeno** - dalla produzione alla distribuzione, fino agli utilizzi industriali - con il coinvolgimento di centri di ricerca, aziende del settore e istituzioni, così da preparare una nuova generazione di professionisti pronti ad affrontare le sfide e cogliere le opportunità offerte da questa tecnologia emergente.

In questo contesto, la Strategia Nazionale per l'Idrogeno sottolinea l'importanza della formazione e dell'informazione nel promuovere lo sviluppo dell'idrogeno come vettore energetico. In particolare, le linee guida evidenziano la necessità di sviluppare programmi educativi, sia attraverso corsi rivolti a studenti, lavoratori e professionisti, sia tramite iniziative informative rivolte alla cittadinanza, e il rafforzamento dei centri di ricerca e delle università. Questi punti sono fondamentali per costruire una cultura dell'idrogeno, che non può limitarsi ai professionisti del settore, ma deve coinvolgere anche il pubblico.

Per garantire un'ampia partecipazione pubblica nella fase di attuazione della **Strategia Nazionale per l'Idrogeno**, si propone di rendere strutturale e permanente il tavolo di consultazione tra il MASE e i principali stakeholder del settore, già avviato durante la fase di predisposizione della strategia, di promuovere il coinvolgimento del pubblico nei processi decisionali legati all'implementazione di progetti per la produzione e lo stoccaggio di idrogeno, al fine di garantire trasparenza e inclusività. Un altro pilastro fondamentale consiste nel sostenere iniziative divulgative e formative che favoriscano l'accettazione sociale delle tecnologie basate sull'idrogeno e una comprensione più approfondita del loro ruolo nella transizione energetica. Il tema della fiducia dei cittadini è altrettanto cruciale, rendendo necessario fornire informazioni chiare e trasparenti in merito alle condizioni di sicurezza con cui viene gestito l'idrogeno. A tal fine è prevista una collaborazione con il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco per la diffusione capillare delle conoscenze in materia di sicurezza.

La **Strategia Italiana per la Ricerca sull'Idrogeno** (SIRI), adottata dall'allora Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) (oggi Ministero dell'Istruzione e del Merito - MIM), ha rappresentato un tassello fondamentale nel delineare un approccio sistemico allo sviluppo dell'idrogeno in Italia, anticipando e ispirando alcuni contenuti chiave successivamente ripresi nel PNRR. In particolare, la strategia attribuisce un ruolo centrale alla formazione quale leva essenziale per

la costruzione di una filiera nazionale dell'idrogeno tecnologicamente avanzata e competitiva. Viene sottolineata l'urgenza di formare personale esperto con una visione integrata delle filiere dell'idrogeno, capace di sviluppare soluzioni e prodotti adatti all'inserimento nei principali segmenti delle catene del valore. Tali competenze risultano oggi ancora frammentate all'interno delle discipline STEM, rendendo necessario un lavoro di integrazione e specializzazione.

La strategia propone di **intervenire su più livelli**: dalla formazione ingegneristica avanzata, alla riqualificazione del personale già attivo tramite programmi di aggiornamento continuo e lifelong learning, fino alla preparazione mirata di operatori di enti pubblici coinvolti in ambiti strategici quali controllo, sicurezza e autorizzazioni. A ciò si aggiunge la proposta di istituire un Dottorato italiano dedicato alla filiera dell'idrogeno, in collaborazione tra università, enti di ricerca e politecnici, a supporto di una nuova generazione di ricercatori e innovatori. Particolarmente interessante è anche la proposta di realizzare smart lab accessibili agli studenti, per favorire l'apprendimento pratico, la sperimentazione di prototipi e la nascita di start-up e spin-off legati al settore.

3 Rafforzamento delle sinergie tra mondo accademico e tessuto industriale

Il settore dell'idrogeno, per sua natura, richiede una costante interazione tra ricerca scientifica, innovazione tecnologica e applicazione industriale. Tuttavia, in Italia, la collaborazione tra università, enti di ricerca e imprese risulta ancora frammentata e scarsamente strutturata. La limitata presenza di progetti congiunti, l'assenza di percorsi formativi integrati tra accademia e industria, e la mancanza di poli regionali specializzati – come invece avviene in altri ambiti strategici, ad esempio quello della transizione digitale – costituiscono un freno allo sviluppo di un ecosistema nazionale dell'idrogeno pienamente competitivo.

Per colmare queste lacune e accelerare la costruzione di una filiera italiana dell'idrogeno, è necessario attivare un insieme coordinato di politiche pubbliche e strumenti di supporto che incentivino la sinergia tra il mondo della ricerca e quello industriale. Nel contesto della transizione energetica, è fondamentale che le università assumano un ruolo centrale nella generazione di conoscenza e nello sviluppo di nuove tecnologie, mentre le imprese contribuiscono alla loro applicazione pratica e alla diffusione su scala industriale. Questa integrazione non solo accelera il processo innovativo, ma garantisce anche che le competenze sviluppate nei centri di ricerca siano immediatamente spendibili nel mercato del lavoro.

Le collaborazioni tra accademia e industria sono essenziali per progettare

percorsi formativi e di aggiornamento professionale coerenti con le reali esigenze dell'industria dell'idrogeno, contribuendo così a ridurre il mismatch tra domanda e offerta di competenze. Un esempio virtuoso è rappresentato dal progetto "**Hydrogen Joint Research Platform**", nato dalla collaborazione tra il Politecnico di Milano e tre grandi player energetici italiani - **Edison, Eni e Snam**. Questa iniziativa si propone di sviluppare soluzioni innovative per la produzione di idrogeno pulito, il suo trasporto, lo stoccaggio e le applicazioni in ambito industriale e residenziale, favorendo al contempo il trasferimento tecnologico tra ricerca e industria.

Per consolidare e moltiplicare esempi come questo, è fondamentale promuovere la nascita di un ecosistema scientifico e industriale italiano integrato, capace non solo di dialogare con le filiere europee e internazionali, ma anche di generare brevetti, innovazioni e soluzioni tecnologiche originali, valorizzando le specificità territoriali e le eccellenze produttive locali. In questa prospettiva, si propone l'istituzione di **poli formativi e tecnologici regionali** dedicati all'idrogeno, ispirati al modello dei **competence center** per la transizione digitale. Questi poli dovrebbero fungere da **snodo tra formazione, ricerca applicata e sviluppo industriale**, essere co-finanziati da **risorse pubbliche e private**, e dotati di infrastrutture avanzate come **laboratori condivisi, incubatori di startup e centri per la formazione tecnica** altamente specializzata.

4 Rafforzamento della trasparenza e delle competenze nella rendicontazione dei progetti e nella ricerca e sviluppo

Un altro aspetto spesso sottovalutato, ma strategicamente rilevante, riguarda il tema della rendicontazione delle informazioni, della gestione e della contabilità dei progetti legati alla produzione di idrogeno verde da FER. Le progettualità avviate, grazie ai fondi del PNRR, pur riuscendo a raggiungere gli obiettivi prefissati (si veda la progettazione delle hydrogen valleys) stanno emergendo, soprattutto in questa fase, problematiche afferenti alla gestione finanziaria, monitoraggio, rendicontazione e controllo dei flussi di pagamento.

In questo senso appaiono sempre più frequenti le dicotomie tra aziende private, dirigenti di regioni (le Regioni sono, in prima battuta, i primi soggetti incaricati alla verifica e ai controlli dei flussi economico-finanziari) e Ministeri di riferimento. Serve dunque un **rafforzamento delle competenze** anche su questi aspetti, promuovendo la formazione di profili professionali in grado di seguire la filiera progettuale, dalla definizione alla gestione, dalla valutazione all'impatto. In parallelo, occorre puntare in modo deciso sul **sostegno alla ricerca e allo sviluppo**, che rappresentano la chiave per migliorare l'efficienza, ridurre i costi e incrementare la competitività delle tecnologie legate all'idrogeno verde.

Conclusioni

L'idrogeno rappresenta oggi una delle sfide più ambiziose e promettenti della transizione energetica. Il quadro delineato nel presente studio mostra come l'Europa, e in particolare l'Italia, si stiano muovendo per costruire un ecosistema industriale e formativo capace di sostenere lo sviluppo di una filiera dell'idrogeno rinnovabile, resiliente e competitiva. L'immagine che ne emerge è quella di un continente impegnato su più fronti, in cui istruzione avanzata, ricerca scientifica e sforzo industriale si intrecciano, dando vita a un vantaggio strategico per il futuro energetico comune.

Dal punto di vista occupazionale, i margini di crescita sono enormi ma non scontati. Si stima che, solo in Italia, il settore dell'idrogeno verde potrà generare circa 65.000 posti di lavoro entro il 2040, a fronte dei 19.000 previsti al 2030. Tuttavia, il mismatch tra le competenze richieste e quelle attualmente disponibili nel mercato del lavoro rappresenta una delle sfide principali. A livello europeo, il settore delle "molecole verdi", incluso l'idrogeno, **potrebbe creare fino a 2 milioni di posti di lavoro entro il 2040**, con un tasso di crescita del 23% annuo.

Il rischio concreto è che, **senza un'accelerazione negli investimenti, nella semplificazione burocratica e nel coordinamento delle politiche**, l'Italia e l'Europa nel loro complesso non riusciranno a raggiungere i target climatici ed energetici fissati per il 2030 e il 2050. Emerge dunque con forza la necessità di **politiche pubbliche integrate e tempestive**, che incentivino la formazione di competenze tecnico-scientifiche avanzate e il rafforzamento delle sinergie tra università e imprese in modo da evitare che i progetti finanziati rimangano incompleti o che l'idrogeno prodotto non trovi sbocchi industriali adeguati. Per affrontare l'evoluzione tecnologica in corso, è urgente investire in percorsi tecnici e universitari specifici, integrare le competenze sull'idrogeno nei curricula scolastici e favorire la riconversione professionale dei lavoratori provenienti da settori tradizionali. La creazione di Hydrogen Valley, la valorizzazione delle aree industriali dismesse e lo sviluppo di una filiera nazionale per la produzione di elettrolizzatori e sistemi di stoccaggio sono elementi fondamentali per costruire un ecosistema coeso e orientato all'innovazione.

Anche a livello europeo, le azioni intraprese dovranno essere intensificate. È indispensabile ampliare l'offerta formativa nei Paesi dell'Europa centrale e orientale, ancora oggi in ritardo rispetto ai partner occidentali, e rafforzare le sinergie tra università e imprese per stimolare la ricerca, aumentare il numero di brevetti e generare soluzioni tecnologiche competitive. L'armonizzazione delle politiche nazionali rappresenta una

condizione imprescindibile per evitare frammentazioni che potrebbero compromettere l'efficacia del percorso comune. In questo senso, la creazione di un mercato unico europeo dell'idrogeno, supportato da infrastrutture interconnesse, da standard condivisi e da meccanismi di incentivazione stabili, sarà determinante.

Germania, Francia, Spagna, Regno Unito, Italia e Paesi Bassi rappresentano oggi il cuore pulsante di questa rivoluzione. I loro modelli educativi, la forza dei loro ecosistemi di ricerca e la capacità di attrarre investimenti possono diventare la base per costruire un'Europa più verde, più autonoma e più competitiva. La loro esperienza congiunta può guidare il continente nella creazione di un sistema integrato, sostenibile e aperto all'innovazione.

In conclusione, l'idrogeno rappresenta una leva tecnologica e industriale strategica per la decarbonizzazione e per la competitività economica. Il suo sviluppo è strettamente **legato alla capacità di pianificare interventi coerenti, attuare politiche pubbliche efficaci e consolidare una filiera nazionale ed europea solida e qualificata.** Per raggiungere gli obiettivi fissati a livello europeo e nazionale, sarà fondamentale agire con tempestività, coordinamento e continuità, ponendo al centro la formazione, l'innovazione e il rafforzamento della domanda.



Bibliografia e Sitografia

- Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), World Energy Outlook 2024.
- Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea, European Research Council (ERC), disponibile su horizoneurope.apre.it
- Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea, Horizon Europe - Struttura e Programmi, disponibile su horizoneurope.apre.it
- AGICI, Il futuro dell'idrogeno: dalle strategie nazionali al mercato globale, 2024.
- Camera dei deputati - Servizio Studi, RepowerEU, 15 marzo 2024.
- CEPSE e ManpowerGroup, Green Molecules: the upcoming revolution in the European employment market, 2024.
- Clean Hydrogen Partnership, Call for proposals 2024, 17 aprile 2024, disponibile su clean-hydrogen.europa.eu
- Clean Hydrogen Partnership, Call for proposals 2025, 24 aprile 2025, disponibile su clean-hydrogen.europa.eu
- Consiglio dell'Unione Europea, REPowerEU: la politica energetica nei piani per la ripresa e la resilienza dei paesi UE, disponibile su consilium.europa.eu
- Corte dei Conti, Deliberazione 14 febbraio 2025, n. 26/2025/G.
- Corte dei Conti, Deliberazione 21 marzo 2025, n. 41/2025/G.
- Enti Confindustriali Lombardi per l'Educazione (ÉCOLE), L'Europa e l'idrogeno: il nuovo progetto H2Excellence, 29 febbraio 2024, disponibile su myecole.it
- European Centre for the Development of Vocational Training, Skills for green jobs. Country Report: Spain.
- European Hydrogen Observatory, The hydrogen education and research landscape, 2024.
- European Commission, Communication REPowerEU Plan COM(2022)230, 18 maggio 2022.
- European Hydrogen Observatory, The hydrogen education and research landscape, ottobre 2024.
- European Hydrogen Observatory, Training Programmes, Commissione Europea, consultato ad aprile 2025.

- European Institute of Public Administration (EIPA), Skills Panorama, disponibile su eipa.eu
- Financial Times, Climate change drives surge in global energy demand, 24 marzo 2025.
- Green Skills for Hydrogen, REPowerEU 2030 targets, disponibile su greenskillsforhydrogen.eu
- H2Excellence, Green skills for future workforce in fuel cells and green hydrogen sector, disponibile su h2excellence.eu
- HySET, Hydrogen Systems and Enabling Technologies, disponibile su hysetmaster.polito.it
- IEA, Worldwide Recruitment Energy, 2022.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Strategia Nazionale Idrogeno, 26 novembre 2024.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Piano Nazionale Integrato per l'energia e il clima (PNIEC), 2024.
- Ministero dell'Istruzione e del Merito, Prime linee guida per la Ricerca italiana sull'idrogeno, 10 novembre 2020.
- TEHA, Lo stato delle hydrogen valley in Italia: quali prospettive di sviluppo in vista della deadline del PNRR, 2025.

AWARE

www.awarethinktank.it

info@awarethinktank.it



H⁺